



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTAO AMBIENTAL**

HÉLVIO ALESSANDRO DE LIMA FERREIRA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS
APLICADO À FISCALIZAÇÃO DO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO
DE PERNAMBUCO (SIGFIS)**

Recife, 2020

F383

Ferreira, Hélvio Alessandro de Lima.

Desenvolvimento de um sistema de informações geográficas aplicado à fiscalização do uso dos recursos hídricos no Estado de Pernambuco (SIGFIS) / Hélvio Alessandro de Lima Ferreira. – Recife, PE: O autor, 2020.
116 f.: il., color. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Hernande Pereira da Silva.

Co-orientador: Prof. Dr. Marco Antônio de Oliveira Domingues.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE, Campus Recife, Coordenação de Pós-Graduação - Mestrado Profissional em Gestão Ambiental, 2020.

Inclui referências.

1. Resíduos Hídricos. 2. Gestão Ambiental. 3. Sistema de Informações Geográficas - SIG. 4. I. Silva, Hernande Pereira da (Orientador). II. Domingues, Marco Antônio de Oliveira (Co-orientador). III. Título.

333.91

CDD (22 Ed.)

HÉLVIO ALESSANDRO DE LIMA FERREIRA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS
APLICADO À FISCALIZAÇÃO DO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO
DE PERNAMBUCO (SIGFIS)**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.

Prof. Dr. Hernande Pereira da Silva
Orientador

Prof. Dr. Marco Antonio de Oliveira Domingues
Co-Orientador

Recife, 2020

HÉLVIO ALESSANDRO DE LIMA FERREIRA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS
APLICADO À FISCALIZAÇÃO DO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO
DE PERNAMBUCO (SIGFIS)**

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco como parte integrante dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental.

Data da aprovação: 05 / 02 / 2020

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Hernande Pereira da Silva
Orientador – MPGA/IFPE

Prof. Dr. Marco Antonio de Oliveira Domingues
Co-Orientador – MPGA

Prof. Dr. Ronaldo Faustino da Silva
Examinador Interno – MPGA

Prof.^a. Dr.^a Suzana Maria Gico Lima Montenegro
Examinador Externo – UFPE

Prof. Dr. Jones Oliveira de Albuquerque
Examinador Externo – UFPE

APRESENTAÇÃO

O interesse do autor pela temática dos recursos hídricos vem desde antes da formação técnica em Saneamento Ambiental pelo antigo Centro Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco (CEFET-PE). Na ocasião, com a oportunidade de estagiar pela Secretaria Municipal de Saneamento do Recife em 2004, presenciou na vida das pessoas os efeitos deletérios que o descuido com as águas causa na sociedade e no meio ambiente.

Com este curso técnico foi aprovado em primeiro lugar para a função de assistente em gestão de recursos hídricos pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (Apac) em 2011, executando desde então atividades de fiscalização do uso dos recursos hídricos, sendo atualmente o coordenador da equipe e das atividades de fiscalização da referida agência. Posteriormente, obteve graduação de Bacharel em Geografia, com o trabalho de conclusão de curso intitulado “Identificação de riscos ambientais no trecho urbanizado da sub-bacia do rio Morno, Recife-PE”. Assim, foi possível identificar a pressão exercida pela ocupação urbana num trecho de cerca de dez quilômetros desta sub-bacia hidrográfica.

Mais adiante concluiu duas especializações, sendo uma em Perícia e Auditoria Ambiental, pela Faculdade Frassinetti do Recife, com o trabalho intitulado “Análise macroscópica de parâmetros ambientais no trecho urbanizado da sub-bacia do rio Morno (Recife-PE)” como complemento ao tema trabalhado na graduação, e outra em Gestão Ambiental pela Universidade Estácio de Sá, com o trabalho “Integração da Política Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco com a Gestão Ambiental”, onde, de forma teórica, observou as previsões legais de integração entre estas duas políticas e o estado da arte em tal integração.

Desta forma, mantendo uma linha de estudos com a preocupação da gestão ambiental e dos recursos hídricos, observou a necessidade de ferramentas de apoio à gestão pública para executar suas obrigações legais na preservação dos recursos naturais, um dos motivos pelo qual concorreu ao Mestrado Profissional em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Pernambuco, com a proposta de desenvolver um sistema de informações geográficas para a atividade da fiscalização do uso dos recursos hídricos no estado de Pernambuco.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Zilda e Adelmo, por todo amor e apoio que contribuíram com minha formação.

Aos meus irmãos Anielya e Júnior pelo companheirismo e confiança de vida.

À minha esposa Lilian pela paciência e compreensão.

A Francisco por me conceder equilíbrio nas horas que precisava.

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE) por toda sua estrutura disponibilizada e acesso aos periódicos, demonstrando a importância em investimento na educação pública.

Ao Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Federal Rural de Pernambuco – GEOSERE, por disponibilizar seu espaço e estrutura para horas de pesquisa e trabalhos desenvolvidos, em especial ao Luiz Carlos Lins, competente e atencioso servidor público.

Ao Serviço Geológico Brasileiro (CPRM), que na pessoa do Sr. Adson Brito, da Superintendência de Recife, elevou o patamar dos resultados alcançados.

Aos alunos da graduação de Bacharelado em Gestão Ambiental do IFPE, Beatriz, Thamires e Rosner, e aos alunos da graduação de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas do IFPE, Weydson e Lourivaldo, pelo apoio na produção dos conteúdos cartográficos e tecnológicos.

Aos membros da banca que se dispuseram a avaliar esta dissertação e contribuir para as melhorias e desenvolvimento contínuo.

À comunidade nacional e internacional do QGIS, que possibilita a popularização dos conhecimentos em informações geográficas.

Aos colegas de trabalho da Agência Pernambucana de Águas e Clima (Apac) pela partilha de conhecimentos e sugestões, e também pela amizade construída nos desafios, nas dificuldades e nos acertos.

Ao professor Doutor Marco Antonio de Oliveira Domingues, meu co-orientador, com quem pude adquirir não apenas conhecimentos tecnológicos, mas também uma amizade.

Ao professor Doutor Hernande Pereira da Silva, orientador e grande responsável por este trabalho, pelos conhecimentos intermináveis em diversas áreas da ciência, com quem obtive não só parte deste conhecimento, mas também, respeito mútuo e lealdade do começo ao fim, meus mais sinceros agradecimentos.

RESUMO

A gestão dos recursos hídricos no Brasil e no mundo tem passado por transformações ao longo da história. Ultimamente um dos grandes desafios nesta gestão é a busca pela diminuição de conflitos relacionados às diversas finalidades de uso da água, em especial diante de um cenário climático cujo consenso científico aponta para um aquecimento da temperatura média da Terra. No estado de Pernambuco, cujo território está majoritariamente inserido em área suscetível à desertificação, onde as condições climáticas atuais o colocam como um dos maiores déficits hídricos do Brasil, a gestão da água necessita buscar a eficiência. Um dos instrumentos previstos nas políticas de recursos hídricos é a fiscalização do uso, que possui caráter educativo e regulador, no sentido de buscar um equilíbrio entre os diversos usuários. Acontece que tal instrumento, assim como diversas áreas do serviço público, carece de muitas melhorias materiais e humanas. Sistema de informações geográficas vem se mostrando como um dos principais aliados dos gestores públicos, em especial na gestão de recursos naturais. Desta forma, este trabalho tem como objetivo principal desenvolver um sistema de informações geográficas para a atividade de fiscalização do uso dos recursos hídricos em Pernambuco (SIGFIS). Para alcançar isto, a metodologia adota como etapas para modelagem do SIGFIS, a coleta de dados, a criação de um banco de dados, a padronização dos dados, e a compatibilização dos dados. Aliado a isto, a revisão da legislação auxilia na geração de mapas temáticos com programa de geoprocessamento. Paralelamente à etapa de modelagem do SIGFIS, se busca a modelagem de um aplicativo móvel para a atividade prática com o sistema, por meio do estabelecimento de fluxogramas dos requisitos e definição da solução tecnológica, referente ao servidor web, à linguagem de programação, à interface de programação de aplicações para integração, ao sistema gerenciador de banco de dados e à interface de programação de aplicações de geolocalização. Os resultados alcançados apresentam os planos de informação definidos para a integração da fiscalização com a gestão ambiental em Pernambuco, agrupados por base de dados cadastrais e temáticos e por dados territoriais legalmente relevantes. Com os resultados dos planos de informação definidos e as ferramentas de geoprocessamento, foi possível verificar algumas informações importantes na gestão dos recursos hídricos, que poderão subsidiar demais estudos e sugestões de matéria normativa. Espera-se que o SIGFIS possa representar celeridade na obtenção de dados e das informações para o processo de fiscalização, assim como considerável redução de despesas com mobilização de equipe para atuar no território do Estado de Pernambuco. Além de que representa uma adequação tecnológica da Gerência de Monitoramento e Fiscalização da Apac para atender ao aumento e complexidade das demandas da referida gerência.

Palavras-chave: Recursos hídricos. Gestão ambiental. Sistema de informações geográficas.

ABSTRACT

The water resources management in Brazil and in the world has been transforming throughout history. Most recently, one of the biggest challenges on this management is the seeking for the reduction of conflicts related to the various purposes of water use, especially in the face of a climate scenario whose scientific consensus points to a warming of the Earth's surface average temperature. In Pernambuco State, whose territory is almost entirely inserted in an desertification susceptible area, and where the current climatic conditions place it as one of the biggest water deficits in Brazil, the water management needs to look for efficiency. One of the instruments setted in water resources policies is the usage enforcement, which has an educational and regulatory character, in the sense of aiming a balance among the users. Such instrument needs materials and human enhancement, so do other public services. Geographic information systems have been showing up as one of the main allies of public managers, especially on the natural resources management. Thus, this work has as major aim to develop geographic information systems for the water resources usage enforcement in Pernambuco (SIGFIS). To achieve this, the methodology adopts as steps for modelling the SIGFIS, data collect, creation of a database, standardization of data, and data compatibility. Allied to this, the rules revision helps the thematic maps creation with geoprocessing software. Parallel to SIGFIS modelling, there is a modelling of a mobile application for the practical activity with the system, through the establishment of flowcharts requiring and tecnological solution definition, regarding the web server, the programming language, the application-programming interface for integration, the database engine and the application-programming interface for geolocate. The results achieved present information plans determined for the integration between enforcement and environmental management in Pernambuco, clustered by cadastral and thematic database and by legally relevant territorial data. With the results of the information plans determined and some geoprocessing tools, it is possible to verify some important information in the management of water resources, which may subsidize other studies and suggestions on legal matters. It is expected that SIGFIS can represent speed in obtaining data and information for the enforcement process, as well as a considerable reduction in expenses with the mobilization of staff to work in the territory of Pernambuco. In addition to representing a technological adaptation of the Monitoring and Enforcement Department of Apac to meet the increase and complexity of the demands of said department.

Keywords: Water resources. Environment management. Geographic information systems.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | | |
|-------------|--|----|
| Figura 1 - | Elementos de um Sistema de Informações Geográficas | 30 |
| Figura 2 - | Análise espacial da epidemia de cólera em Londres de 1854 realizada pelo médico John Snow | 32 |
| Figura 3 - | Exemplos de planos de informação | 34 |
| Figura 4 - | Fluxograma da Metodologia de desenvolvimento do SIGFIS | 36 |
| Figura 5 - | Exemplo de uma coordenada geográfica utilizada para o geoprocessamento | 38 |
| Quadro 1 - | Planos de informação do SIGFIS e respectivas fontes | 40 |
| Quadro 2 - | Aplicativos para dispositivos móveis experimentados disponíveis para Sistema Operacional Android | 42 |
| Figura 6 - | Mapa da malha territorial municipal de Pernambuco | 45 |
| Figura 7 - | Mapa das Unidades de Planejamento (bacias hidrográficas) de Pernambuco | 46 |
| Figura 8 - | Mapa da Hidrografia de Pernambuco | 47 |
| Figura 9 - | Mapa da hidrografia de Pernambuco com rios principais e os dois primeiros afluentes | 47 |
| Figura 10 - | Mapa dos reservatórios em Pernambuco | 48 |
| Figura 11 - | Mapa dos processos de fiscalização do uso de recursos hídricos em Pernambuco | 50 |
| Figura 12 - | Mapa dos registros de fiscalização de água superficial em Pernambuco.. | 51 |
| Figura 13 - | Mapa dos registros de fiscalização de água subterrânea em Pernambuco. | 51 |
| Figura 14 - | Mapa das águas de domínio da União e territórios indígenas em Pernambuco | 53 |
| Figura 15 - | Registros de fiscalizações realizada em domínio da União | 53 |
| Figura 16 - | Mapa das Unidades de Conservação inseridas no território de Pernambuco | 55 |
| Figura 17 - | Registros de fiscalizações realizadas em UC de Proteção Integral | 56 |
| Figura 18 - | Zoneamento dos aquíferos da Região Metropolitana do Recife | 57 |
| Figura 19 - | Zoneamento hidrogeológico do aquífero Jatobá..... | 58 |
| Figura 20 - | Hidrogeologia de Pernambuco (classes de aquíferos) | 59 |
| Figura 21 - | Hidrogeologia de Pernambuco (classes de aquíferos produtivos) | 60 |
| Figura 22 - | Hidrogeologia de Pernambuco (aquíferos produtivos) e Zoneamento do Aquífero Jatobá | 60 |
| Figura 23 - | Áreas de proteção de mananciais da RMR | 61 |
| Figura 24 - | Mapa dos municípios em estado de emergência devido à estiagem em Pernambuco..... | 63 |
| Figura 25 - | Fluxograma de requisitos elaborado em lucidchart.com | 64 |
| Figura 26 - | Fluxograma de requisitos ao desenvolvimento do aplicativo móvel elaborado com Mockflow.com..... | 65 |
| Figura 27 - | QR Code para acesso ao fluxograma completo elaborado com Mockflow.com | 65 |
| Figura 28 - | Arquitetura 1 de desenvolvimento do aplicativo móvel SIGFIS | 66 |
| Quadro 3 - | Soluções tecnológicas apresentadas à Apac | 67 |
| Figura 29 - | Arquitetura 2 de desenvolvimento do aplicativo móvel SIGFIS | 67 |
| Quadro 4 - | Soluções tecnológicas adotadas no desenvolvimento | 67 |
| Figura 30 - | Serviço disponibilizado pela AWS para o SIGFIS | 68 |
| Quadro 5 - | Instâncias disponíveis na opção “Free tier eligible” pela AWS | 70 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Quadro 6 – | Características da API Ubuntu Server 18.04 LTS da AWS | 70 |
| Quadro 7 – | Características do banco de dados PostgreSQL disponibilizado pela AWS para o SIGFIS | 71 |
| Figura 31 - | Banco de dados criado para o SIGFIS no AWS (PostgreSQL) | 71 |
| Quadro 8 – | Pacote de serviços disponíveis na opção gratuita do Mapbox | 72 |
| Figura 32 – | Aplicativo SIGFIS em desenvolvimento (tela inicial) | 73 |
| Figura 33 – | Aplicativo SIGFIS em desenvolvimento (tela de geolocalização) | 74 |
| Figura 34 – | Aplicativo SIGFIS em desenvolvimento (tela de mapa disponibilizado pelo Mapbox) | 75 |
| Figura 35 – | Aplicativo SIGFIS em desenvolvimento (tela com opções de ativar os planos de informação) | 76 |
| Figura 36 – | Aplicativo SIGFIS em desenvolvimento (tela dos processos de fiscalização) | 77 |
| Figura 37 – | QRCode para acesso ao aplicativo na Google PlayStore | 78 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|---------|---|
| ANA | Agência Nacional de Águas |
| Apac | Agência Pernambucana de Águas e Clima |
| API | Interface de Programação de Aplicações |
| AWS | Amazon Web Services |
| CEPAL | Comissão Econômica Para América Latina e Caribe |
| ESRI | Environmental Systems Research Institute |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| INDE | Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais |
| PERH | Política Estadual de Recursos Hídricos |
| PNRH | Política Nacional de Recursos Hídricos |
| RMR | Região Metropolitana do Recife |
| SEUC | Sistema Estadual de Unidades de Conservação da Natureza |
| SNUC | Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza |
| SIG | Sistema de Informações Geográficas |
| SINGREH | Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos |
| SIRH | Sistema de Informações de Recursos Hídricos |
| UC | Unidades de Conservação |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 12 |
| 1.2 | OBJETIVOS | 14 |
| 1.2.1 | Objetivo geral | 14 |
| 1.2.2 | Objetivos específicos | 14 |
| 1.3 | ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO | 14 |
| 2 | REVISÃO DA LITERATURA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 16 |
| 2.1 | GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS | 16 |
| 2.2 | UNIDADES DE CONSERVAÇÃO | 20 |
| 2.3 | ZONEAMENTO DE AQUÍFEROS | 21 |
| 2.4 | CLASSIFICAÇÃO DE AQUÍFEROS (HIDROGEOLOGIA) | 22 |
| 2.5 | ÁREA DE PROTEÇÃO DE MANANCIAS DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE | 22 |
| 2.6 | POLÍTICAS DE RECURSOS HÍDRICOS NO CONTEXTO DA FISCALIZAÇÃO DO USO | 23 |
| 2.7 | SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS | 29 |
| 2.7.1 | Conceitos | 30 |
| 2.7.2 | Histórico | 31 |
| 2.7.3 | Principais aplicações | 33 |
| 3 | METODOLOGIA | 36 |
| 3.1 | COLETA DE DADOS | 37 |
| 3.2 | CRIAÇÃO DO BANCO DE DADOS | 38 |
| 3.3 | PADRONIZAÇÃO DOS DADOS E INFORMAÇÕES | 38 |
| 3.4 | COMPATIBILIZAÇÃO DOS FORMATOS DIGITAIS DOS DADOS | 39 |
| 3.5 | GERAÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS | 39 |
| 3.6 | REVISÃO DA LEGISLAÇÃO | 39 |
| 3.7 | DEFINIÇÃO DOS PLANOS DE INFORMAÇÕES DO SIGFIS | 40 |
| 3.8 | MODELAGEM DO SIG | 40 |
| 3.9 | MODELAGEM DO APLICATIVO | 41 |
| 3.9.1 | Fluxograma dos requisitos para o aplicativo móvel SIGFIS | 41 |
| 3.9.2 | Definição das soluções tecnológicas | 42 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 44 |
| 4.1 | BASE DE DADOS CADASTRAIS E TEMÁTICOS | 44 |
| 4.1.1 | Municípios | 44 |
| 4.1.2 | Bacias hidrográficas | 45 |
| 4.1.3 | Hidrografia – Rios | 46 |
| 4.1.4 | Hidrografia – Reservatórios | 48 |
| 4.2 | DADOS TERRITORIAIS LEGALMENTE RELEVANTES | 49 |
| 4.2.1 | Processos de fiscalização (águas superficiais e subterrâneas) | 50 |
| 4.2.2 | Águas de domínio da União | 52 |
| 4.2.3 | Unidades de Conservação | 54 |
| 4.2.4 | Zoneamento de aquíferos | 56 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 4.2.5 | Hidrogeologia – classes de aquíferos | 58 |
| 4.2.6 | Área de proteção dos mananciais da Região Metropolitana do Recife | 61 |
| 4.2.7 | Municípios em situação de emergência devido à estiagem | 62 |
| 4.3 | FLUXOGRAMA DOS REQUISITOS PARA O APLICATIVO MÓVEL SIGFIS | 63 |
| 4.4 | SOLUÇÃO TECNOLÓGICA PARA O SIGFIS | 66 |
| 4.4.1 | Diagrama de Recursos | 66 |
| 4.4.2 | Servidor WEB: Amazon Web Services | 68 |
| 4.4.3 | Linguagem de programação do aplicativo: Kotlin™..... | 69 |
| 4.4.4 | API para Integração: NodeJS | 69 |
| 4.4.5 | Sistema gerenciador de banco de dados: PostGreSQL | 70 |
| 4.4.6 | API de geolocalização: Mapbox | 71 |
| 4.5 | SIGFIS VERSÃO BETA | 72 |
| 5 | RECOMENDAÇÕES | 79 |
| 6 | CONCLUSÃO | 81 |
| | REFERÊNCIAS | 82 |
| | APÊNDICE A - Planilha de gerenciamento | 94 |
| | APÊNDICE B - Unidades de Planejamento (bacias hidrográficas) de Pernambuco | 96 |
| | APÊNDICE C - Tabela de atributos da camada vetorial Hidrografia – Rios | 97 |
| | APÊNDICE D - Função no QGIS para importação de arquivo “.csv” referente aos processos da fiscalização (coordenadas originalmente disponibilizadas em datum WGS1984) | 98 |
| | APÊNDICE E - Unidades de conservação inseridas no território de Pernambuco e topologias obtidas | 99 |
| | APÊNDICE F - Zoneamento dos aquíferos da RMR e respectivas restrições | 102 |
| | APÊNDICE G - Normas estaduais que declaram situação de emergência devido à estiagem em Pernambuco | 103 |
| | APÊNDICE H - Municípios em situação de emergência devido à estiagem | 104 |
| | APÊNDICE I - Detalhamento do fluxograma dos requisitos elaborado no lucidchart.com | 105 |
| | APÊNDICE J - Detalhamento do fluxograma dos requisitos elaborado no Mockflow.com | 107 |
| | ANEXO A – Áreas suscetíveis à desertificação | 114 |
| | ANEXO B – Folhas do Atlas Hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo | 115 |

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, cerca de 70% dos recursos hídricos disponíveis são usados para a agricultura e Segundo Goonetilleke e Vithanage (2017), por volta do ano de 2050 será necessário produzir 60% mais comida no globo, sendo que nos países em desenvolvimento este valor sobe para 100%, e quando nos deparamos com o contexto atual, as projeções de disponibilidade de água em termos qualitativos e quantitativos devem diminuir, aumentando a competitividade entre os usos concorrentes.

A integração das políticas de recursos hídricos com as políticas ambientais encontra-se prevista nas legislações atuais, porém a efetivação e integração destas políticas possui desafios para ser implantada. A informação cartográfica de territórios relevantes do ponto de vista ambiental, tais como unidades de conservação da natureza, zonas de restrição hídrica e hidrogeológica, dentre outros, pode ser um ponto de partida para que esta integração passe a ser efetivada na prática e para isto, um sistema de informações geográficas (SIG) consistente auxilia nesta representação do mundo real frente a gestão dos recursos naturais. Diante da necessidade de implantação de um Sistema de Informações de Recursos Hídricos (SIRH), a efetivação do instrumento da fiscalização do uso dos recursos hídricos no estado de Pernambuco depara-se com a necessidade de aperfeiçoamento, no sentido de tornar mais efetivas e confiáveis as ações fiscalizatórias, assim como fornecer à sociedade respostas mais ágeis frente às demandas pela ação da fiscalização. Desta forma, o desenvolvimento de um sistema de informações geográficas aplicado à atividade da fiscalização do uso dos recursos hídricos pode ser aliado de uma melhor execução da Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH).

Levando em consideração que a PERH possui fundamentos, tais como a proteção ambiental, as prioridades de uso, dentre outros, e que a fiscalização é um dos seus instrumentos de aplicação, conseguir incluir nas ações de fiscalização as dimensões fundamentais da PERH é um desafio que, superado, pode representar um ganho significativo na gestão das águas do Estado. Uma situação problemática, por exemplo, é o uso de águas dentro de áreas Unidades de Conservação (UC). Ter conhecimento de que o uso do recurso hídrico está em um limite territorial como este deveria alterar a abordagem fiscalizatória, pois, existem agravantes decorrentes das infrações que acarretem em consequências e danos para o meio ambiente e uma vez que, de acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) e o Sistema Estadual de Unidades de Conservação da

Natureza (SEUC), a UC é um território cujos recursos ambientais, incluindo as águas, que devem ser legalmente e adequadamente protegidos (BRASIL, 2000; PERNAMBUCO, 2009). Entretanto, sem a informação cartográfica destas unidades, esta previsão legal possui uma efetividade comprometida.

Algumas áreas de restrição hídrica também estão legalmente previstas. Neste sentido, desde 2003, existem locais onde é proibida e/ou restrita a perfuração de poços, em especial na zona sul de Recife (PERNAMBUCO, 2003), porém nem sempre é possível prever se uma perfuração encontra-se nestas áreas de restrição, quando a demanda surge para uma ação da fiscalização. Ou ainda, áreas de proteção dos mananciais de interesse da Região Metropolitana do Recife (RMR), também legalmente protegidas (PERNAMBUCO, 1986) cuja pretensão é de que haja condições básicas para preservação dos respectivos recursos hídricos, em mananciais estratégicos.

Algumas variáveis de eventos em uma bacia hidrográfica, de origem antrópica ou natural, podem ser visualizadas macroscopicamente, apresentando um banco de dados inicial para estudos mais aprofundados para um efetivo planejamento ambiental sobre o sistema em questão. Os dados de entrada de um planejamento ambiental são provenientes de diversas fontes podendo ser dados secundários (estatísticas, séries de medições, mapas cartográficos ou temáticos, relatos históricos, entre outros); dados primários obtidos como resultado de medições, observações e coletas em campo, incluindo resultados de entrevistas, aplicação de questionários etc.; ou ainda, o resultado de análises visando à elaboração de novos dados (dados analisados), que muitas vezes são apresentados na forma de produtos temáticos (FIDALGO, 2003). Segundo Porto e Porto (2008, p.55) na tomada de decisão os dados não tem importância habitualmente, porém as informações é que são essenciais, podendo estas ser resultado de transformações dos dados a partir de análises simples ou mais elaboradas.

Diante do exposto, o presente trabalho apresenta a elaboração de um sistema de informações geográficas que contribui para a melhoria da atividade de fiscalização do uso dos recursos hídricos, em especial no que se refere à integração com a proteção ambiental e assegurar o efetivo cumprimento da legislação.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Desenvolver um sistema de informações geográficas para instrumentalização na fiscalização do uso de recursos hídricos no estado de Pernambuco (SIGFIS).

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Coletar os dados e informações de interesse para o SIGFIS;
- b) Criar um banco de dados e informações das atividades de fiscalização contemplando as infrações identificadas, autuações emitidas, finalidades de uso da água e localização espacial;
- c) Estabelecer planos de informações espaciais para a prática da fiscalização;
- d) Padronizar digitalmente os planos de informações do banco de dados criado;
- e) Elaborar mapas temáticos específicos para a base de dados do SIGFIS;
- f) Revisar as legislações de recursos hídricos e gestão ambiental, observando onde a integração entre ambas pode ser contemplada no SIGFIS;
- g) Modelar os dados e informações para a geração do Sistema de Informações Geográficas SIGFIS;
- h) Modelar o SIGFIS para o desenvolvimento de aplicativo mobile Android;
- i) Implantar o sistema de informações geográficas SIGFIS, onde a gestão ambiental seja compatível com a gestão de recursos hídricos de domínio do estado de Pernambuco.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação de mestrado está estruturada por, além da introdução e objetivos geral e específicos, uma revisão da literatura abordando onde se encaixa a gestão de recursos hídricos no Brasil, e, por conseguinte uma revisão sobre as políticas de recursos hídricos, com detalhamento no instrumento da fiscalização do uso. Ainda na revisão literária, alguns conceitos, um histórico e exemplos de aplicação de sistemas de informações geográficas são apresentados. Posteriormente a metodologia informa quais etapas subsidiaram o projeto. Em seguida, os resultados do desenvolvimento do sistema de informações geográficas SIGFIS,

apresentando os planos de informação estabelecidos, os requisitos do aplicativo móvel bem como as soluções sugeridas para a elaboração do aplicativo, junto com uma amostra do protótipo do aplicativo SIGFIS para uso por dispositivos móveis. O trabalho se encerra com as conclusões alcançadas e apresenta apêndices e anexos diversos para melhor explanação e consulta às informações disponibilizadas no decorrer do texto.

2 REVISÃO DA LITERATURA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Conforme se observa, a compatibilização da gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental possui diversos amparos legais expressamente previstos tanto nacionalmente como localmente no estado de Pernambuco, porém sua implantação neste estado ainda pode ser considerada incipiente. Sendo assim, um sistema de informações geográficas possui funções e características essenciais no sentido da evolução da gestão dos recursos hídricos.

2.1 GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segundo Ribeiro (2008), diversos estudos estão apontando para uma crise global da água, e, embora a vulnerabilidade aos problemas relacionados à água seja função de muitos aspectos – tais como, condições econômicas e políticas, a disponibilidade da água, e até mesmo a distância de uma fonte de água (GLEICK, 1993) – sua principal razão é de ordem política, pois resulta de uma combinação de fatores naturais e sociais dentro de uma interpretação política dos recursos hídricos (RIBEIRO, 2008). Sabe-se, por exemplo, que a disponibilidade hídrica no planeta é desigual, e isso ocorre até mesmo em áreas chuvosas, como as tropicais. Para se ter uma ideia das diferenças de precipitação, na região semiárida, que ocupa cerca de 10% do território brasileiro, chove em média 500 mm por ano, enquanto nas áreas mais úmidas atinge-se mais de 2.500 mm ao ano (RIBEIRO, 2008). Neste sentido, conforme Gleick (1993, p. 79), “onde a água é escassa, a competição por uma oferta limitada pode levar as nações a verem o acesso à água como assunto de segurança nacional”, afirmando ainda que a história é repleta de exemplos de competição e disputa por água doce.

Alguns levantamentos apontam que entre 2010 e 2017, o semiárido nordestino enfrentou uma das mais severas estiagens já registradas (GONDIM et al., 2017) ou 2012 a 2017 conforme Rebello (2018) sendo explicado ainda por Martins, Magalhães e Fontenelle (2017) que de 2010 a 2017, apenas o período de 2011 não é considerado seco. Neste sentido, Gondim et al. (2017) informam que o Reservatório Equivalente¹ do estado de Pernambuco teve uma redução acentuada neste período de seca, caindo de 68% em 2012 para 9,1% em maio de 2017. Tal estiagem, possivelmente acentuada pelas mudanças climáticas, torna-se

¹ “...que é definido como sendo o volume total armazenado nesses espaços, numa dada época, dividido por sua capacidade total de armazenamento, expresso em porcentagem (GONDIM et al., 2017, p. 282))

ainda mais preocupante quando nos deparamos com uma região (Anexo A) suscetível à desertificação (SILVA, H., 2009).

De acordo com Barth et al. (apud PORTO; PORTO; AZEVEDO, 1999) a abordagem participativa entre governo federal, estaduais e usuários é o modo mais fácil de assegurar que as diversidades regionais relativas à disponibilidade da água e seus conflitos de uso sejam levadas em consideração no processo de tomada de decisão.

Silva et al. (2017) ressaltam que é urgente que todos os países realizem uma gestão que possibilite o acesso, a conservação e a garantia de água potável para as populações. Rauber e Cruz (2013) afirmam que uma das formas adequadas de gerir a água é pela gestão integrada de bacia hidrográfica, focando nos múltiplos usos e compartilhando as responsabilidades sobre condições de qualidade e quantidade da água. Khadse et al. (2015) dizem que o conceito de gestão de bacia hidrográfica reconhece as inter-relações entre uso da terra, solo e água e a ligação entre áreas a montante e a jusante. De qualquer forma, gerenciar a oferta de um recurso ambiental para os diferentes setores socioeconômicos visa a antecipar e a dirimir conflitos e, por sua natureza, deve fazer parte de um sistema mais amplo no que tange à interpretação e à ação voltada aos recursos associados à água (SANTOS, 2004), cabendo aos sistemas de gerenciamento integrado dimensionar as características geográficas, municípios, bacias hidrográficas, estados, países e bacias internacionais. Em suma, segundo Ayensu et al. (1999) um “gerenciamento integrado deve promover a interação efetiva do ciclo hidrosocial com o ciclo hidrológico”.

Esse gerenciamento integrado dos recursos hídricos resultou da consolidação das novas visões e paradigmas que foram se tornando mais evidentes a partir de inúmeros problemas resultantes de uma visão setorial, limitada e de resposta a crises. A implantação do gerenciamento integrado encontra-se em fase de transição e novas metodologias e projetos estão sendo implementados em muitos países e continentes para uma resolução dos inúmeros problemas relativos aos usos e otimização dos usos múltiplos (TUNDISI, 2003). Segundo Silva e Silva (2014, p. 22) sobre planejamento integrado de bacias hidrográficas, “a integração do planejamento ambiental para gestão dos recursos hídricos, tornou-se estratégico possibilitando em uma reorganização das inter-relações de maneira sistêmica sob a perspectiva da sustentabilidade no âmbito econômico, social e ambiental”. Biswas (1981) advertia que são muitas as implicações socioambientais do desenvolvimento da água e que seus efeitos vão além dos limites da bacia hidrográfica, alertando que tais implicações eram bastante negligenciadas nos planejamentos. Até mesmo a noção consolidada de adotar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento está sujeita à mudança, pois no semiárido

nordestino é impraticável, já que a maioria dos rios não corre durante o ano. Neste exemplo a solução encontrada foi a elaboração de conselhos de usuários de reservatórios, experiência bem sucedida no que se refere ao nível de participação (PORTO; PORTO; AZEVEDO, 1999).

Planejamento, gestão, gerenciamento são processos contínuos que precisam envolver a coleta, a organização e a análise sistematizada das informações, por meio de procedimentos e métodos, para chegar a decisões ou a escolhas acerca das melhores alternativas para o aproveitamento dos recursos disponíveis. Sua finalidade é atingir metas específicas no futuro, levando à melhoria de uma determinada situação e ao desenvolvimento das sociedades (SANTOS, 2004).

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2002) foi com o advento da Conferência das Nações Unidas sobre a Água realizada no Uruguai em 1977 – promovida pela Comissão Econômica Para América Latina e Caribe (CEPAL) – que primeiro se atentou para uma necessária mudança com relação à gestão dos recursos hídricos. O documento resultante da referida conferência entende a gestão dos recursos hídricos com múltiplos usos como sendo “o processo de controle que o homem exerce sobre o fluxo da água, em sua quantidade, qualidade, lugar e tempo de ocorrência, durante o ciclo hidrológico” (CEPAL, 1998, p. 3). Entretanto, Campos (2013) afirma que é com a Lei das Águas da França promulgada em 1964 que se considera como mudança de paradigma na gestão das águas. Foi a partir desta lei que a bacia hidrográfica foi adotada como unidade territorial de gestão, a cobrança pelo uso da água foi prevista e a participação da sociedade foi inserida com a criação dos comitês de bacia, servindo de referência para grandes encontros internacionais.

Biswas (1981) ao lembrar que, sendo a água o que torna possível a vida humana, animal e vegetal, e consequentemente a civilização, é considerada uma das *commodities* mais preciosas da história, já que foi às margens dos corpos d’água que as primeiras comunidades se instalaram. Um salto histórico leva a gestão até a revolução industrial: com os consequentes adensamentos populacionais, os corpos d’água passaram a ser escoamento de efluentes industriais e humanos, resultando em uma massiva poluição das águas. Alguns temas constituem desafios para a conservação dos recursos ambientais, incluindo a água, sendo eles os aspectos institucionais, a água no desenvolvimento urbano, energia, navegação interior, desenvolvimento rural, enchentes e secas, desenvolvimento regional e o meio ambiente (com destaque para semiárido nordestino, pantanal, cerrado, Amazônia e ambiente costeiro) e formação de recursos humanos e pesquisa (TUCCI; HESPANHOL; CORDEIRO NETTO, 2001). Goonetilleke e Vithanage (2017) contabilizam que a demanda crescente por

alimento, os impactos do aquecimento global, as práticas insustentáveis de retirada de água terão consequências cada vez mais comuns de conflitos relacionados à água.

Ao observar os sistemas de gestão da água existentes na América Latina, a CEPAL (1998) nota uma heterogeneidade de sistemas com maior ou menor centralização do Estado, porém percebe a falta de um sistema institucional mais integrado, o que resulta na desproteção ao meio ambiente, afirmando que a organização estatal tradicional na América Latina é extremamente setorial. A CEPAL (1998) ainda diz que os anos 70 e 80 do século passado atraíram a atenção dos governos na América latina, ora por grande crescimento econômico, ora por grande recessão. Diante dos desafios que se apresentavam alguns apontamentos surgiram como tentativa de superação, tais como a necessidade de se elaborar políticas de estado, a adoção de bacia hidrográfica como unidade de estudo, a integração da gestão dos recursos hídricos. Porto, Porto e Azevedo (1999, p. 682) por sua vez referem-se a esta gestão como um “processo complexo de gerir a alocação de água entre usos concorrentes”, sendo reconhecido que a complexidade desta gestão se equipara à gestão de conflitos (CEPAL, 1998), trazendo como desafios necessários nessa complexidade: controlar um recurso natural que se distribui de forma irregular no tempo e no espaço; solucionar conflitos entre múltiplos usuários que dependem de um recurso compartilhado; tratar os recursos hídricos de forma altamente técnica devido às repercussões na saúde humana, no meio ambiente e na produção; e coordenação de muitos atores.

O Brasil publicou sua Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº9.433 de 1997) pouco depois deste documento da CEPAL (1998), e depois de mais de 60 anos praticando o Código de Águas de 1934. A ANA (2002) afirma que as ações derivadas deste código foram essencialmente setoriais e sem regulamentação. No caso brasileiro, Tucci, Hespanhol e Cordeiro Netto (2001) falam que conflitos entre usuários, e até na administração pública, ocorridos durante os anos 1970 serviram como início dos debates sobre a descentralização, tendo a bacia hidrográfica como unidade de gestão da água. Foi nesse período que o governo federal fomentou a criação dos primeiros comitês de bacia hidrográfica, que em sua essência participavam apenas técnicos e funcionários da União. De acordo com Campos (2013) os debates no Brasil foram iniciados em 1983 com o Seminário Internacional de Gestão dos Recursos Hídricos. Porto, Porto e Azevedo (1999) dizem que em 1986 houve uma extensa revisão do sistema brasileiro de gestão dos recursos hídricos, o que levou aos princípios que mais tarde regulamentariam um novo sistema de gestão, mas uma maior participação da sociedade e dos estados e municípios só pôde ser proporcionada com a Constituição Federal de 1988 (TUCCI; HESPANHOL; CORDEIRO NETTO, 2001). A descentralização da gestão

é um passo difícil em especial no nível Federal, demonstrando que não se dará em curto prazo (PORTO; PORTO; AZEVEDO, 1999). Muñoz (2000) afirma que a Lei Federal nº 9.433 de 1997 representa um ponto divisor em prol do desenvolvimento sustentável no país, em especial pela inovação de descentralizar a gestão para os níveis estaduais e principalmente por trazer a sociedade para o debate, embora reconheça que existem desafios, porém que os mesmos igualmente representam oportunidades.

A gestão dos recursos hídricos é uma importante questão no desenvolvimento sustentável do Brasil (PORTO; PORTO; AZEVEDO, 1999) e além da descentralização, outros instrumentos são essenciais para promover este desenvolvimento, tais como: um sistema eficiente para outorga de efluentes, o uso de tecnologias e sistemas modernos como suporte à decisão, uma política clara de cobrança, mecanismos de compartilhamento de usos entre outros. Apesar das fases de implantação, Porto, Porto e Azevedo (1999) afirmam que um processo de gestão transparente, apoiado por usuários de água e a sociedade civil é o único meio disponível de promover a implementação efetiva de um sistema de direitos de uso da água.

2.2 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

De acordo com a Lei Estadual nº 13.787 (PERNAMBUCO, 2009), que trata do Sistema Estadual de Unidades de Conservação (SEUC), as unidades de conservação integrantes do SEUC dividem-se em dois grupos, com características específicas, sendo elas: Unidade de Proteção Integral; e Unidade de Uso Sustentável.

O grupo das Unidades de Proteção Integral é composto pelas seguintes categorias de unidades de conservação:

- a) Reserva Biológica – REBIO;
- b) Estação Ecológica - ESEC;
- c) Parque Estadual - PE;
- d) Monumento Natural - MN;
- e) Refúgio de Vida Silvestre - RVS.

Já as unidades de uso sustentável são as seguintes:

- a) Área de Proteção Ambiental - APA;
- b) Área de Relevante Interesse Ecológico - ARIE;
- c) Floresta Estadual - FLOE;

- d) Reserva Estadual de Fauna – REF;
- e) Reserva de Desenvolvimento Sustentável – RDS;
- f) Reserva de Floresta Urbana – FURB;
- g) Reservas Extrativistas – RESEX;
- h) Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN.

Entre as definições previstas no artigo segundo desta lei, destacam-se os seguintes, para melhor compreensão:

XX - proteção integral: manutenção dos ecossistemas livres de alterações causadas por interferência humana, admitindo apenas o uso indireto dos seus atributos naturais;

[...]

XXXI - uso indireto: aquele no qual a obtenção de serviços e benefícios da natureza pelo homem se dá sem apropriação e/ou consumo dos recursos naturais;

[...]

XXXII - uso sustentável: exploração do ambiente de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável; [...] (PERNAMBUCO, 2009, art. 2º).

Importante observar que a política nacional do meio ambiente atribui competência comum entre a União, os Estados e os Municípios, e a gestão das unidades de conservação também podem ser nas diferentes esferas.

2.3 ZONEAMENTO DE AQUÍFEROS

Em 20 de novembro de 2003, o Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CRH aprovou o Mapa de Zoneamento Explorável de Águas Subterrâneas na Região Metropolitana do Recife do Estudo HIDROREC II – Estudo Hidrogeológico do Recife, Olinda, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes, por meio da Resolução n.º 04 daquele ano (PERNAMBUCO, 2003). Tal resolução decorre de estudos prévios contratados pela então Secretaria Estadual de Recursos Hídricos, onde se verificou dentre outros aspectos uma exploração excessiva de aquíferos da região. Desta forma, foram atribuídas restrições de uso dos poços perfurados em cada zona delimitada, passando desde a proibição de perfuração de poços na chamada “Zona A” como a redução das vazões autorizadas nas demais zonas (Apêndice F).

2.4 CLASSIFICAÇÃO DE AQUÍFEROS (HIDROGEOLOGIA)

Baseado em escala de 1:1.000.000 o Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2015) lançou o Atlas Hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo, que conforme as informações do portal, é composto por 46 folhas que recobrem o país com dados geológicos, hidrogeológicos e hidrológicos. Além da classificação por domínios hidrolitológicos granular, cárstico e fraturado, a principal característica deste atlas que observamos como potencial interesse da fiscalização trata-se das classes de aquíferos baseadas em suas produtividades. São elas:

- a) Classe (1) – Muito Alta: Fornecimentos de água de importância regional (abastecimento de cidades e grandes irrigações). Aquíferos que se destaquem em âmbito nacional;
- b) Classe (2) – Alta: Características semelhantes à anterior, contudo situando-se dentro da média nacional de bons aquíferos;
- c) Classe (3) - Moderada: Fornecimento de água para abastecimentos locais em pequenas comunidades, irrigação em áreas restritas.
- d) Classe (4) – Geralmente baixa, porém localmente moderada: Fornecimentos de água para suprir abastecimentos locais ou consumo privado;
- e) Classe (5) - Geralmente muito baixa, porém localmente baixa: Fornecimentos contínuos dificilmente são garantidos;
- f) Classe (6) – Pouco Produtiva ou Não Aquífera: Fornecimentos insignificantes de água. Abastecimentos restritos ao uso de bombas manuais.

2.5 ÁREA DE PROTEÇÃO DE MANANCIAS DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE

No ano de 1986 foi publicada a Lei Estadual nº 9.860 que delimita as áreas de proteção dos mananciais de interesse da Região Metropolitana do Recife, e estabelece condições para a preservação dos recursos hídricos. Observa-se que, apesar da referida lei expressar que a fiscalização dos dispostos se dará pela CPRH, convém verificar que a lei foi publicada quase dez anos antes das políticas nacional e estadual de recursos hídricos e mais de vinte anos antes da criação da Apac, sendo que estas atualizações legais preveem não só a integração como o cumprimento de medidas de conservação dos recursos hídricos. Além disto, as atividades autorizadas na lei de 1986 assemelham-se às que são passíveis de

regulação por parte da Apac, ou seja, necessitam de autorização administrativa para o devido funcionamento (outorga), observando:

Art. 2º Os recursos hídricos relacionados ao artigo 3º e parágrafo único destinam-se, prioritariamente, ao abastecimento da população da Região Metropolitana do Recife [...]

Art. 11. Nas áreas de categoria M1, somente serão admitidos serviços, obras e edificações, desde que relativos a:

I - proteção dos corpos d'água e de suas margens;

II - regularização de vazões com fins múltiplos e controle de cheias;

III - ancoradouros de pequeno porte;

IV - rampas de lançamento de barcos;

V - praias artificiais;

VI - "piers" e pontões de pesca;

VII - viveiros e tanques para piscicultura;

VIII - casas de bombas e tomadas d'água;

IX - pequenos abrigos de barcos e serviços de apoio às sedes de clubes náuticos e campestres. (PERNAMBUCO, 1986).

2.6 POLÍTICAS DE RECURSOS HÍDRICOS NO CONTEXTO DA FISCALIZAÇÃO DO USO

Em 1997 foi instituída no Brasil a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), e criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) (BRASIL, 1997). Apesar de relativamente recente, foi resultado de normas e discussões precedentes, baseadas principalmente no conhecimento científico que já havia sobre o tema. Logo em seu primeiro artigo, a PNRH afirma estar baseada nos fundamentos de que “a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas” e “a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos”, dentre outros.

Observa-se que tais fundamentos estão de acordo com as propostas consolidadas de que, em uma visão ecossistêmica, definir os limites de uma área de estudo que abrange fragmentos naturais do território tem na bacia hidrográfica uma unidade básica de trabalho, tanto para o estudo como para o gerenciamento ambiental, conforme resumem Santos (2004) e Pires (2008).

A influência das águas na dinâmica do território brasileiro é algo percebido desde sempre. Já no período das descobertas pode-se notar a dependência hídrica, seja pela utilização de rios como via de deslocamento de pessoas e mercadoria seja para produção dos

bens e manufaturas (IORIS, 2009) e já no império havia a previsão de domínio público dos canais e dos rios navegáveis (MACHADO, 2007).

Entretanto, a promulgação do Código de Águas de 1934 trata-se de um momento decisivo, pois o então presidente Getúlio Vargas consolidava a industrialização nacional e, junto a esta industrialização, aumentava a demanda não só por água, mas também por energia, sendo no caso brasileiro o modelo hidroelétrico que se intensificou de norte a sul do país (IORIS, 2009). Mais de meio século depois, em 1992 o Brasil sediou o evento Rio-92 onde o país firmou compromisso de formular uma lei de gerenciamento dos recursos hídricos (GUIVANT; JACOBI, 2003), e de acordo com Porto e Kelman (2000) diversos encontros entre políticos, profissionais, usuários, ONG's e comunidades locais aconteceram entre 1991 e 1996. Com isso em janeiro de 1997 a Lei nº 9.433 é sancionada, instituindo a PNRH e o SINGREH (BRASIL, 1997).

As configurações e mudanças no Brasil ocorridas entre um marco legal e outro (1934 a 1997) demonstram que a urbanização e concentração urbana, o aumento da poluição e a concentração fundiária são características que de alguma forma influenciam na política de recursos hídricos nacional (GUIVANT; JACOBI, 2003). Ainda, de acordo com Ioris (2009), a PNRH incorporou entendimentos internacionais de gestão integrada e, segundo Guivant e Jacobi (2003) trata-se de uma política descentralizada, participativa e integrada de envolvimento da sociedade civil, também seguindo tendência internacional devido aos problemas de quantidade e qualidade da água ocorridos ao longo do século no planeta.

Para termos ideia deste entendimento internacional que se formava, ainda na década de 1950 os Estados Unidos atravessaram uma situação de restrição na oferta de água em mais de mil cidades (MORSE, 1957) e, além do problema da quantidade para oferta, houve uma preocupação com a qualidade da água, demonstrando que a poluição já inviabilizava o uso de alguns rios, sendo necessários investimentos em tratamento de esgotos. Na época, Morse (1957) alertava que o aumento da população (devido principalmente ao pós-guerra) e do próprio consumo *per capita* representariam, nas duas décadas seguintes, grande demanda em todas as finalidades de uso da água. O renomado engenheiro verificava também que, de forma geral, os problemas de demanda e oferta de água deveriam ser planejados por bacia hidrográfica (MORSE, 1957).

No Brasil, Guivant e Jacobi (2003) demonstram como o país saiu do que eles chamam de hidrotécnica (derivado do código das águas de 1934, cuja gestão era realizada por sistemas peritos) para a hidropolítica da lei federal 9.433 de 1997, baseada em uma gestão participativa. Como destaques, a PNRH tem o princípio de que a água é um bem público e um

recurso natural limitado e de valor econômico, trazendo a importância central do controle social por meio dos comitês de bacia representando os usuários, tendo como principais instrumentos planos de recursos hídricos, a outorga, cobrança, enquadramento e o sistema de informações de recursos hídricos (GUIVANT; JACOBI, 2003). De acordo com Machado (2007), foi acertada a decisão de considerar a água como um bem de domínio público de uso comum do povo, ao contrário da política francesa que ele cita como exemplo. Isto significa que o Estado não é o proprietário da água, mas o gestor do bem e isto marcou uma das principais alterações com relação ao código das águas de 1934, que considerava a água um bem público do tipo “dominical” o que representava um patrimônio privado do poder público. Outro destaque da política citado por Wolkmer e Pimmel (2013) é a previsão de que em situações de escassez a prioridade de uso da água deve ser dada ao consumo humano e à dessedentação de animais, o que, segundo as autoras representa uma postura ética da política ao priorizar a vida.

Ao tratar sobre governança, Wolkmer e Pimmel (2013) dizem que o Brasil possui um modelo de participação social em suas políticas ambientais, e segundo elas, a PNRH é o começo de uma construção conceitual, teórica e operacional da governança da água no Brasil (WOLKMER; PIMMEL, 2013). Entretanto, segundo Ioris (2009) a PNRH deixa de reconhecer diferenças socioespaciais na composição do binômio oferta-demanda do recurso hídrico, o que passa longe de uma gestão sustentável dos recursos hídricos, pois deixa de reconhecer a importância das causas e consequências de antagonismos de classes sociais. Uma simples e evidente diferença socioespacial está na própria distribuição da água observando que Porto e Kelman (2000) informam que 70% da distribuição de água estão na região amazônica onde se encontram 7% da população, ali a disponibilidade de água *per capita* é de $634.887\text{m}^3/\text{pessoa.ano}$, enquanto que no semiárido nordestino essa disponibilidade é de $1.460\text{m}^3/\text{pessoa.ano}$ (PORTO; KELMAN, 2000), isto para não entrarmos em discussões mais aprofundadas sobre outras desigualdades do país. Entretanto, os mesmos autores ressaltam que a Constituição Federal de 1988 deu base para os fundamentos da PNRH, e que em 1991 o estado de São Paulo foi o primeiro a publicar uma política de recursos hídricos, o que serviu tanto para a lei federal e para outros estados como Ceará em 1992, Minas Gerais e Rio Grande do Sul em 1994, Bahia em 1995 e Rio Grande do Norte em 1996 (PORTO; KELMAN, 2000), tendo servido para evitar discussões intermináveis e adotar uma norma com alguma coerência interna, sendo os ajustes realizados com a prática, como o exemplo dos conselhos de usuários de reservatórios na região semiárida nordestina (PORTO; KELMAN, 2000).

De acordo com a Constituição Federal, corpos de água de domínio da União são os lagos, rios e quaisquer correntes d'água que passam por mais de um estado, ou que sirvam de limite com outros países ou unidades da Federação. Segundo a lei nº 9.433/1997, a Agência Nacional de Águas (ANA) é a instituição responsável pela análise técnica para a emissão da outorga de direito de uso da água em corpos hídricos de domínio da União. A ANA também tem como atribuição fiscalizar os usos de recursos hídricos nos corpos de água de domínio da União, assim como supervisionar as ações voltadas ao cumprimento da legislação federal sobre o uso da água, apoiar o estabelecimento de regras especiais (marcos regulatórios e alocações negociadas), subsidiar as ações necessárias ao atendimento dos padrões de segurança hídrica e realizar campanhas de cadastro e de regularização de usos de recursos hídricos.

Similar ao que aconteceu na esfera federal e em outros estados, o estado de Pernambuco editou sua Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH), primeiramente em 1997, através da Lei Estadual nº 11.426, sendo revogada e substituída em 2005 pela Lei nº 12.984, quando, de forma mais aprofundada que sua congênere federal, determinou como um dos objetivos

assegurar que a água seja protegida, utilizada e conservada, em níveis e padrões adequados de quantidade e qualidade, por seus usuários atuais e futuros, em todo o território do Estado de Pernambuco, garantindo as condições para o desenvolvimento econômico e social, bem como para melhoria da qualidade de vida e o equilíbrio do meio ambiente. (PERNAMBUCO, 2005, art. 3º).

Ambas as normas se complementam em suas atuações e coincidem em vários aspectos, tais como a previsão do Sistema de Informação de Recursos Hídricos (SIRH) como instrumento das políticas. Cabendo destacar os objetivos deste SIRH em Pernambuco:

- I - reunir, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Estado de Pernambuco e outras informações relevantes para o seu gerenciamento;
- II - atualizar, permanentemente, as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos em todo o território do Estado;
- III - fornecer subsídios para a elaboração dos Planos Diretores de Recursos Hídricos;
- IV - apoiar as ações e atividades de gerenciamento de recursos hídricos no Estado de Pernambuco e as atuações dos componentes do SIGRH/PE;
- V - subsidiar a gestão ambiental no Estado de Pernambuco; e
- VI - estabelecer diretrizes e padronizações necessárias à integração das bases de dados dos diversos órgãos federais, estaduais e municipais que lidem com águas meteóricas, superficiais e subterrâneas com obras de recursos hídricos no âmbito do Estado de Pernambuco. (PERNAMBUCO, 2005, art. 29)

Quando a PNRH é tratada no nível estadual, Guivant e Jacobi (2003) tecem duas críticas com o estágio atual, uma com relação ao uso indiscriminado do termo abordagem participativa, onde não fica claro quem é que participa e quem dela se beneficia, e a outra com

relação a crença que especialistas e peritos tem de que não possuem relação de poder entre eles e os leigos no assunto, ou seja, para estes autores, esta relação de poder existe e precisa ser reconhecida pelos especialistas. Ioris (2009) vai mais além quanto à diferença de atores na gestão, lembrando que problemas da água no Brasil são reflexos de desigualdades históricas e a concepção de sociedade civil neste caso também perpetua estas desigualdades, ou seja, são diferentes atores de diferentes classes com diversos interesses. Wolkmer e Pimmel (2013) alertam que, partindo de uma visão holística das políticas, é necessário promover participação ampla e igualitária para que se considere ambientalmente sustentável e promova uma verdadeira governança, por outro lado, Porto e Kelman (2000) defendem que se algumas decisões são deixadas nas mãos dos usuários, corre-se o risco de que o meio ambiente não seja devidamente preservado.

Há um grande esforço para a criação do Sistema Nacional de Informação em Recursos Hídricos, que vem sendo desenvolvido pela ANA, e vários Estados da Federação vêm também investindo em seus sistemas estaduais (PORTO; PORTO, 2008). Porto e Kelman (2000), inclusive, assinalam que uma ação coordenada entre a União e os Estados é talvez o desafio mais difícil para a implementação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Os SIRH são fundamentais para que o planejamento e a administração dos recursos hídricos possam ser exercidos de forma racional e dinâmica. Com isso, a existência de informações sistematizadas e, sobretudo, de sistemas que articulem essas informações de modo a processá-las para gerar subsídios às intervenções porventura necessárias e sua adequada operação, bem como a previsão e controle dos processos naturais ou induzidos pela ação do homem nas bacias hidrográficas, é o caminho para uma gestão bem sucedida dos recursos hídricos (SILVA; REIS, 2010).

Desta forma, a obtenção em campo de dados e a sistematização dos mesmos contribuem significativamente com os objetivos da PERH, em especial ao SIRH, pois, permite observar as bacias que demandam maiores ações e planejamento, visando a um planejamento mais amplo.

Isto posto, também se destaca que em Pernambuco, a fiscalização do uso dos recursos hídricos é expressamente prevista como instrumento da Política, diferentemente de outros estados e até do país, que não incorporam a fiscalização nos incisos sobre instrumentos. Nestes casos, quando a fiscalização existe, normalmente está atrelada ao instrumento da outorga do direito de uso de recursos hídricos, que é um documento em que o Estado autoriza ou concede aos usuários, informando as condições de exploração da água. Apesar disto,

segundo Silva e Silva (2014, p.25) “uma característica da gestão dos recursos hídricos em Pernambuco é a descontinuidade da gestão pública estadual, que contribui na desestruturação das ações planejadas e implantadas”, na contramão de uma gestão sustentável dos recursos hídricos, a qual “necessita de um conjunto mínimo de instrumentos principais: uma base de dados e informações socialmente acessível, a definição clara dos direitos de uso, o controle dos impactos sobre os sistemas hídricos e o processo de tomada de decisão” (PORTO; PORTO, 2008, p.50).

Uma medida que deve mudar essa característica de descontinuidade na gestão dos recursos hídricos em Pernambuco, pode ser a criação da Agência Pernambucana de Águas e Clima (Apac), entidade da administração pública indireta, criada em 2010, que tem por finalidade executar a PERH e regular o uso da água, no âmbito dos recursos hídricos estaduais e dos federais nos termos em que lhe forem delegados, bem como realizar monitoramento hidrometeorológico e previsões de tempo e clima no Estado (PERNAMBUCO, 2010).

Após sua institucionalização, a fiscalização do uso dos recursos hídricos em Pernambuco foi regulamentada por meio do Decreto Estadual nº 38.752 de 2012, competindo aos agentes fiscais da Apac verificar a ocorrência de infração às normas referentes aos recursos hídricos, emitir relatórios das fiscalizações realizadas e lavrar instrumentos de fiscalização (PERNAMBUCO, 2012).

Conforme diagnóstico realizado pela ANA, ao considerarmos apenas as unidades que já implantaram a fiscalização dos usos de recursos hídricos, pode-se constatar que, na maioria dos casos, as ações fiscalizadoras ocorrem por indução, ou seja, a mobilização ocorre no caso do atendimento a denúncias, não privilegiando as ações planejadas e sistemáticas de regularização dos usos. Os órgãos gestores são movidos, basicamente, por meio de denúncias dos ministérios públicos estaduais. Entretanto, há exemplos em que a ação da fiscalização está estruturada tanto para atender a denúncias, quanto para agir de forma sistemática e planejada em bacias hidrográficas prioritárias (ANA, 2007). Ocorre que a ação fiscalizadora

possui um papel de suma importância à medida que assegura a aplicação efetiva dos demais instrumentos, como a outorga e a cobrança, imprimindo eficácia aos atos administrativos, na busca da regularização dos usos dos recursos hídricos e na garantia dos usos múltiplos das águas. (ANA, 2007, p.149).

As informações colhidas em campo e o cruzamento de informações juntamente aos documentos de outorga e de licenciamento constituem uma base rica de informações, não só para aferir o estrito cumprimento das autorizações, como para observar o aspecto amplo envolvido na ação da fiscalização, como origem das demandas, infrações detectadas,

regularização da situação, bacias de maior potencial de conflito, dentre outros. Porém para que tais controles sejam exercidos, os órgãos públicos responsáveis devem estar bem organizados e equipados, tanto em relação à base de dados e informações necessárias quanto em relação às estruturas de fiscalização e monitoramento, de modo a assegurar que os condicionantes estabelecidos durante o procedimento de outorga estejam sendo respeitados (PORTO; PORTO, 2008).

Além dos instrumentos citados, fazem parte da PERH ainda os planos diretores de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água, a cobrança pelo uso de recursos hídricos e o monitoramento dos recursos hídricos. Nem todos os instrumentos estão regulamentados e implantados, e dentre aqueles que estão, sempre haverá demanda por melhorias. De forma generalizada pode-se imaginar os instrumentos como guias para a elaboração dos planos diretores de recursos hídricos, focados diretamente nas bacias hidrográficas. E de forma mais ampla, como parte de um complexo conjunto de dispositivos para o desenvolvimento sustentável.

2.7 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

As atividades humanas e naturais ocorridas em um ambiente podem ser prevenidas ou corrigidas com a noção espacial das características desse ambiente e de suas relações, podendo ser utilizados conceitos de cartografia e das modernas ferramentas de geoprocessamento denominadas de Sistema de Informações Geográficas (SIG) (Costa et al., 2015). Vicente (2001) ressalta que um SIG é a principal ferramenta do geoprocessamento que, além do SIG, é composto por cartografia digital, GPS, sensoriamento remoto, aerofotogrametria, processamento digital de imagens, entre outros.

De acordo com Câmara e Davis (2001) o geoprocessamento é “uma disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica”, sendo as ferramentas computacionais chamadas por Sistema de Informações Geográficas. Conforme a obra introdutória de Hamada e Gonçalves (2007) pode-se considerar o SIG sendo composto por outros sistemas que são o sistema de banco de dados (considerado o sistema central), o de processamento de imagem, de digitalização de mapas, de análise geográfica, de suporte à decisão, de exibição ou visualização cartográfica, de gerenciamento de banco de dados e o sistema de análise estatística.

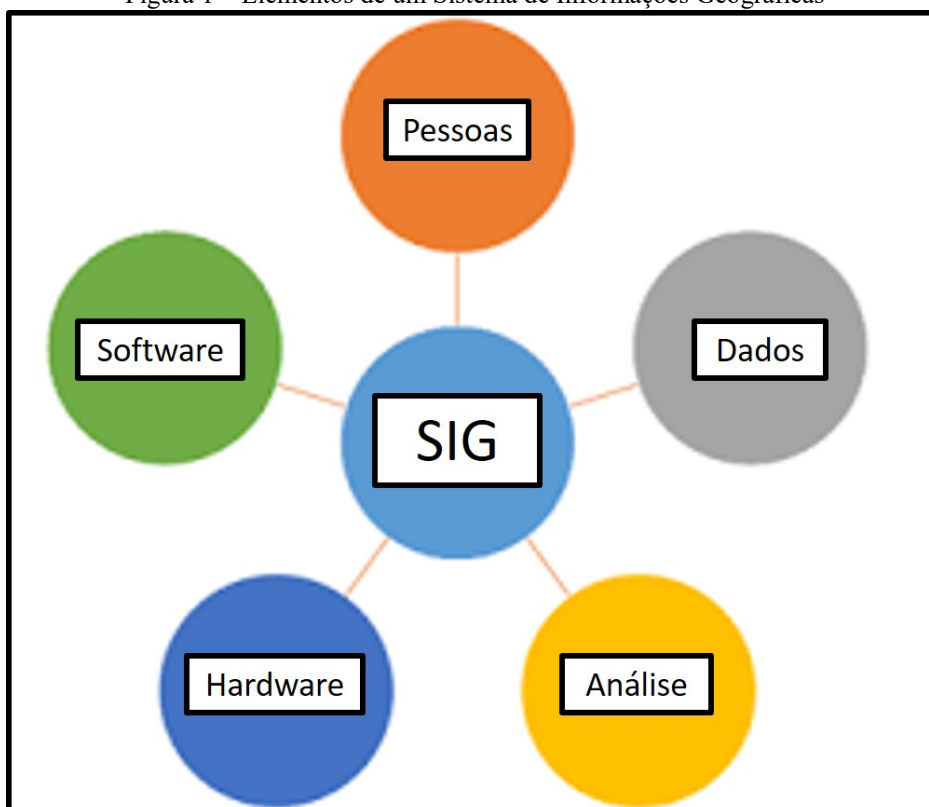
2.7.1 Conceitos

Um SIG possui diversos conceitos, dentre os quais Câmara e Queiroz (2001, p. 1-2) apresentam alguns:

Um conjunto manual ou computacional de procedimentos utilizados para armazenar e manipular dados georreferenciados (Aronoff, 1989); [...]
Conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real (Burrough, 1986); [...]
Um sistema de suporte à decisão que integra dados referenciados espacialmente num ambiente de respostas a problemas (Cowen, 1988); [...]
Um banco de dados indexados espacialmente, sobre o qual opera um conjunto de procedimentos para responder a consultas sobre entidades espaciais (Smith et al., 1987).

Os mesmos autores simplificam a compreensão do termo informando que se trata de um sistema computacional que trata dados geográficos localizados espacialmente (georreferenciados) de forma alfanumérica, possibilitando uma visão de todas as informações disponíveis (CÂMARA; QUEIROZ, 2001). Independente da abordagem que se adote, há consenso de que sistemas de informações geográficas precisam contar com cinco elementos, quais sejam, pessoas, dados, análise, hardware e software (figura 1).

Figura 1 – Elementos de um Sistema de Informações Geográficas



Fonte: elaborado pelo autor (2019) (adaptado de <https://www.cdc.gov/gis/what-is-gis.htm>)

De acordo com Hamada e Gonçalves (2007) a definição de SIG está ligada ao modo de uso ou aplicação desejada, mas também falam em instrumento informatizado capaz de lidar com dados georreferenciados guardados digitalmente.

Graça (2009) diz que um SIG é composto por hardware, software e procedimentos, e confeccionado para “suportar a captura, gestão, manipulação, análise, modelação e visualização de informação referenciada no espaço”, com vistas a apoiar a resolução de desafios que tenham que ver com operações espaciais no planejamento e gestão.

Moody e Ast (2011) falam que os SIG fazem parte das Novas Tecnologias da Informação e Comunicação, pois elas podem organizar, gerenciar e integrar grandes quantidades de dados espaciais e podem analisá-los e apresentá-los em um mapa. Algumas funções básicas dos SIG são similares a outros sistemas de informação, entre eles adição, remoção e atualização de dados, entretanto possibilitam a visualização, o processamento e a análise de informações espaciais (GRAÇA, 2009). Meijer (2002) diferencia os sistemas de informações espaciais entre sistemas para desenhar, projetar e construir objetos; sistemas para gerar conjuntos de geodados; sistemas para registro e gerenciamento; e finalmente sistemas de apoio à tomada de decisão e elaboração de políticas, sendo esta última categoria a que os SIG estão inseridos.

2.7.2 Histórico

Graça (2009) lembra que a tentativa de apresentar as informações geográficas por meio de mapas ocorre desde civilizações antigas, que expressavam pontos, linhas e áreas associadas a certas feições da terra, permitindo inclusive análises qualitativas baseadas em observações e posteriormente, com adventos matemáticos, análises quantitativas como cálculo de distâncias e áreas.

Apesar de diversos autores observarem que o surgimento dos computadores em 1940 foi um marco decisivo no desenvolvimento dos SIG, de acordo com Antenucci et al. (1991 apud HAMADA; GONÇALVES, 2007) foi no século XVIII que a precisão cartográfica enraizou as tecnologias de gerenciamento da informação geográfica de hoje. Um exemplo clássico de análise espacial com o apoio de mapas ocorreu em Londres no ano de 1854, quando o médico John Snow se deparou com uma epidemia de cólera e resolveu distribuir num mapa de Londres a localização das pessoas acometidas pela doença, observando a partir da espacialização destas informações que os casos de morte situavam-se em torno de um poço

localizado na Broad Street (figura 2), sendo este poço posteriormente interditado e os exames feitos na água confirmaram a hipótese de John Snow.

Figura 2 – Análise espacial da epidemia de cólera em Londres de 1854 realizada pelo médico John Snow



Fonte: Figueiredo *et al.* (2016)

Vicente (2001) informa que os SIG surgem após a Segunda Guerra Mundial, refletindo uma revolução técnico/científica advinda da aplicação dos conceitos de sistemas, e tem caráter interdisciplinar, referenciado, por exemplo, pela informática, geografia, cartografia, matemática e estatística. Além deste viés científico, a parte prática via como necessário o planejamento e gestão do território, seja por questões militares, seja pela melhoria da ocupação espacial ou aproveitamento de recursos naturais.

Câmara e Davis (2001) dizem que foi na década de 1960 que surgiram os primeiros SIG a partir de um programa do governo canadense que visava ao registro dos recursos

naturais daquele país. Vicente (2001) fala que este programa canadense se trata do primeiro sistema de informações estritamente geográficas e cita os posteriores projetos do governo norte-americano de Sistemas de Informação de Recursos Naturais de Nova Iorque e o Sistema de Informações e Gestão de Recursos Naturais do estado de Minnesota, ambos nos anos 60. Naquela década, porém, limitações técnicas e financeiras tanto com equipamentos quanto com pessoal dificultavam seu uso, que basicamente se restringiam a usos e desenvolvimento individuais. Este cenário muda nos anos 70 com a entrada de produtos comerciais, quando surge a expressão Geographic Information System (“GIS”, sigla em inglês) (CÂMARA; DAVIS, 2001) e favorecido pelos avanços computacionais e tecnológicos, apesar de permanecerem restritos a universidades, órgãos de pesquisa e poucas empresas privadas (HAMADA; GONÇALVES, 2007).

Entretanto, na década de 1980 os SIG avançaram consideravelmente e pavimentaram o desenvolvimento atual da ferramenta, devido principalmente ao incremento dos microprocessadores permitindo maior capacidade de uso e da disseminação de softwares a custo reduzido, disponíveis para computadores pessoais (HAMADA; GONÇALVES, 2007) e aos avanços da tecnologia de informação geográfica (CÂMARA; DAVIS, 2001).

Câmara e Queiroz (2001) falam em primeira, segunda e terceira gerações de SIG. A primeira, chamada de “*Gis Desktop*” surgida no início dos anos 1980, a segunda “banco de dados geográficos” no início dos anos 1990, e a terceira “bibliotecas geográficas digitais” ou “centros de dados geográficos” ao longo da disseminação da rede mundial de computadores.

2.7.3 Principais aplicações

Câmara e Queiroz (2001) afirmam que existem no mínimo três grandes formas de uso de um SIG, todas concordando em ressaltar a importância do caráter espacial da informação, tais como ferramenta para produção de mapas, suporte para análise espacial de fenômenos, e um banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial.

Os SIG são programas computacionais capazes de apresentar digitalmente uma visão geral de grande quantidade de dados físicos e sociais (MOODY; AST, 2012) e, devido à diversidade de concepções acerca do espaço geográfico é possível uma multiplicidade de aplicações de um SIG, com diversas representações da computação para cada domínio do conhecimento, os quais por sua vez dependem dos conceitos desta especialidade, sendo que

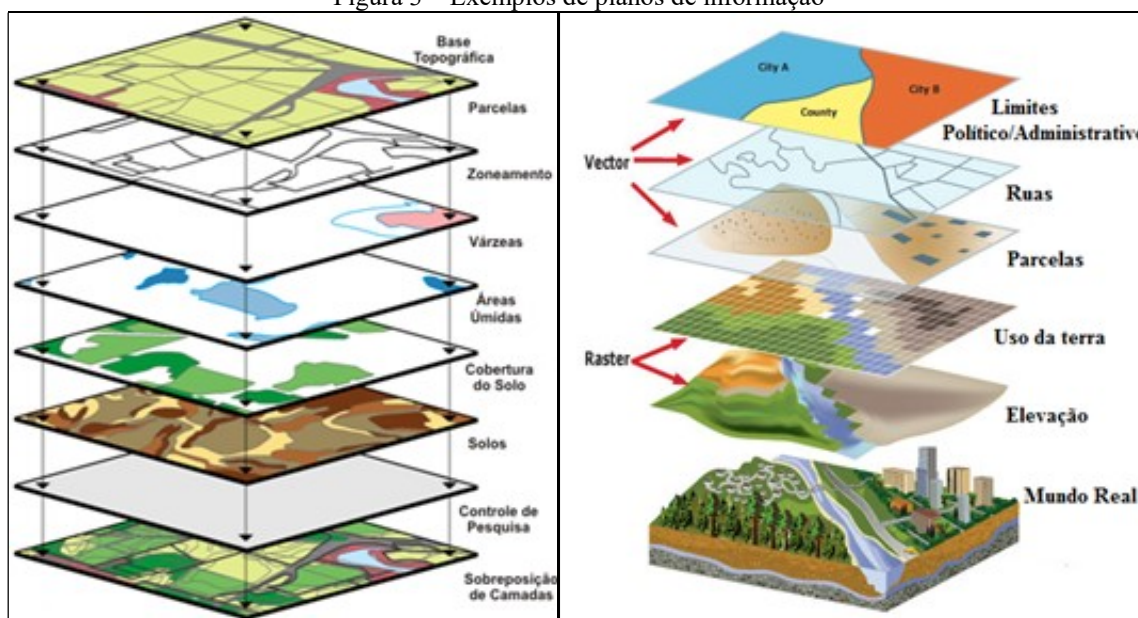
sua transformação nas representações computacionais permite que os dados estudados sejam compartilhados com outras especialidades (CÂMARA; MONTEIRO, 2001).

Meijer (2002) explica que em geral alguns conjuntos de geodados são específicos para determinada organização, enquanto outros são mais gerais e adquiridos por vários usuários e que os diferentes SIG podem se concentrar em diferentes funções, pois enquanto alguns servem para registro e apresentação de dados espaciais, para outros a análise destes dados é mais importante. Esta análise aparenta ter importância em especial para o desenvolvimento de políticas e tomadas de decisão.

Vicente (2001) divide a utilização dos SIG em área aplicada (com os exemplos de cadastros de prefeituras, agricultura de precisão, geomarketing e propostas de gerenciamento ambiental), e pesquisa científica desenvolvendo e aprimorando a ferramenta SIG.

Cada projeto corresponde a um referencial geográfico, ou seja, um ambiente de trabalho. Um projeto é formado por planos de informação (PI), um PI reúne informações que se referem aos aspectos de uma região (figura 3). Por exemplo, um projeto que reúna informações sobre altimetria, uso do solo, e hidrografia; cada uma dessas características é organizada dentro de um PI independente.

Figura 3 – Exemplos de planos de informação



Fonte: <http://geoden.uff.br/geoprocessamento/>

De acordo com Graça (2009) as aplicações de SIG têm apresentado excelentes resultados na gestão dos recursos naturais em especial: gestão de florestas; análise de habitats naturais e planejamento de vias de migração; preservação de rios; gestão de recursos para

lazer; gestão de aquíferos; gestão de cheias; preservação de áreas úmidas; gestão de terras agrícolas; modelação de aquíferos e dispersão de poluentes; análises de impacto ambiental; e análise de visibilidade.

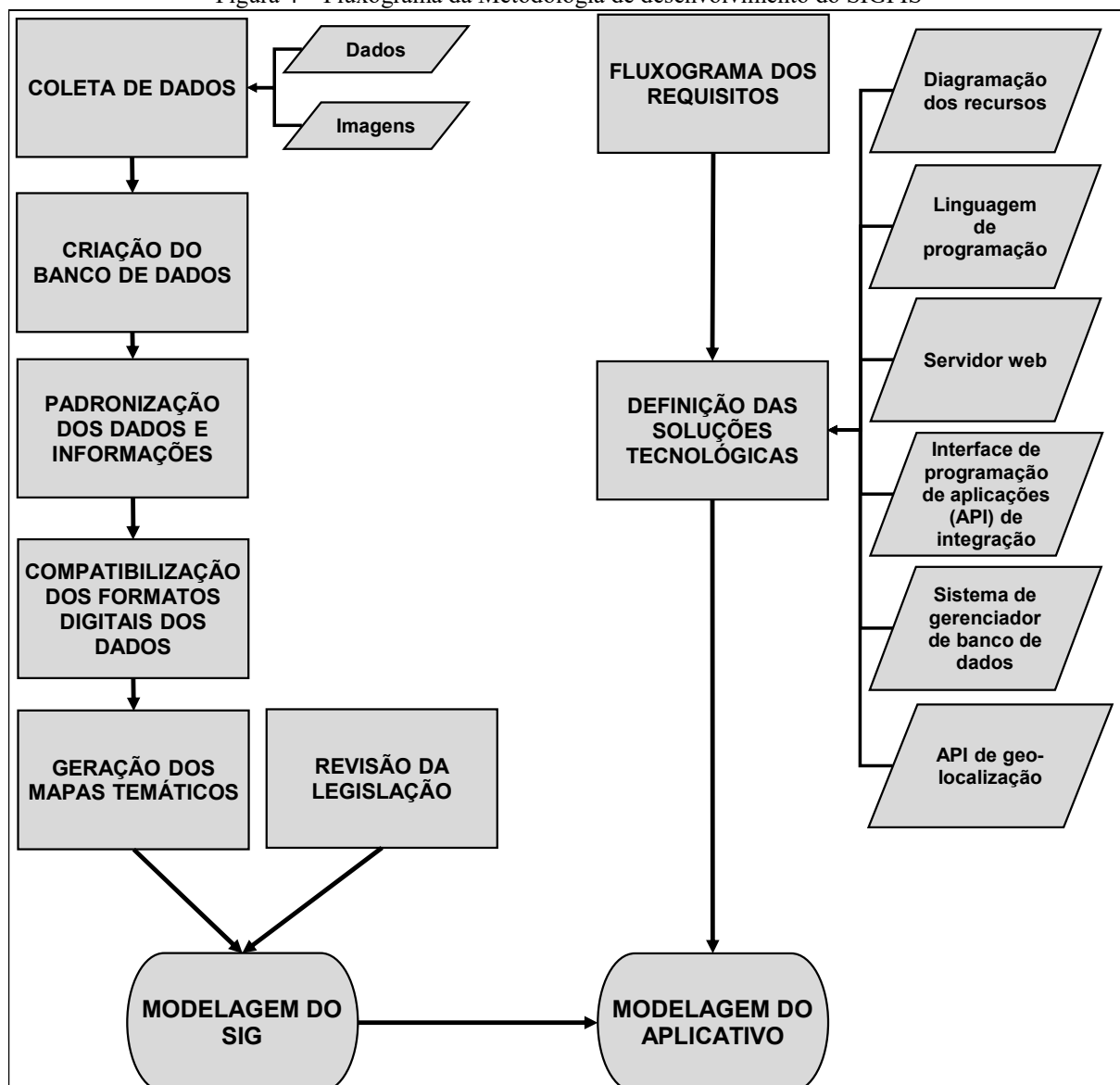
Silva et al. (2011) afirmam que pesquisadores, empresas e gestores públicos têm direcionado cada vez mais atenção ao uso de tecnologias computacionais em vistas ao planejamento e gestão ambiental e territorial. Pois, informações distribuídas espacialmente tais como quantidade, qualidade e oferta de água, solos, vegetações e plantações, entre outros, precisam ser coletadas, processadas e modeladas para tomadas de decisão, neste caso os SIG são efetivos em apoiar a gestão e modelagem de informações espacialmente distribuídas (CHEN et al., 2010). Luijten et al. (2003), por exemplo, em estudo sobre negociações para uso da água em países subdesenvolvidos, demonstram que os SIG podem ser usados para fornecer informações sobre como os recursos hídricos mudam no espaço e tempo e quantificar alternativas futuras. Vários trabalhos tem sido publicados recentemente com relação à aplicação de SIG nas subáreas da gestão de recursos hídricos, tais como mapeamento e descrição fisiográfica de bacias (ALMEIDA et al., 2017; BOSQUILIA et al., 2016; CORREA et al., 2017; COSTA et al., 2015; TOLEDO et al., 2014; VILLINES et al., 2015), potencial de exploração e recarga de águas subterrâneas (AGARWAL et al., 2013; COELHO et al., 2017; MAHMOUD, 2014a; OIKONOMIDIS et al., 2015; SAHOO et al., 2015), qualidade da água subterrânea (ALVARADO et al., 2016; JEIHOUNI et al., 2018), escoamento superficial, erosão e transporte de sedimentos (DURAES et al., 2016; KANG, 2015; MAHMOUD, 2014b), avaliação da qualidade da água (AMINU et al., 2015; BORGES et al., 2015; KOURGIALAS et al., 2017; PRADO; NOVO, 2015; TIWARI et al., 2015; YAZIDI et al., 2017), conservação e proteção de bacias hidrográficas (KHANDAY; JAVED, 2016), vulnerabilidade às mudanças climáticas (XIA et al., 2016), vulnerabilidade a enchentes (MUNIR; IQBAL, 2016; ZHANG; PAN, 2014), e a própria modelagem e implementação de sistemas de informações de recursos hídricos baseado em SIG (ANUGRAH et al., 2018; DAWOUD, 2013).

Em Pernambuco, alguns sistemas podem ser complementares como o Sistema Integrado de Recursos Hídricos (SIRH), e o Sistema de Geoinformação Hidrometeorológico de Pernambuco (SIGHPE), ambos adotados pelo poder executivo, por meio da Secretaria de Recursos Hídricos e da Apac.

3 METODOLOGIA

O projeto e desenvolvimento do SIGFIS foi pautado em áreas interdisciplinares tais como, gestão ambiental, políticas públicas, geoprocessamento e tecnologias da informação, entre outros, envolvendo etapas de coleta de dados, criação do banco de dados, padronização dos dados e informações, compatibilização dos formatos digitais dos dados, geração dos mapas temáticos e revisão da legislação. Tais etapas, por sua vez pretendem resultar na modelagem do SIGFIS e na modelagem do aplicativo móvel. Para o aplicativo móvel, foram estabelecidos os fluxogramas de requisitos e a definição das soluções tecnológicas a serem adotadas (figura 4).

Figura 4 – Fluxograma da Metodologia de desenvolvimento do SIGFIS



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Para melhor avaliar o andamento do projeto, foi estabelecido um gerenciamento (Apêndice A) atribuindo pesos às etapas a serem desenvolvidas e realizadas reuniões constantes entre equipes constituídas de desenvolvedores do sistema em Tecnologia da Informação (TI) e de Gestão Ambiental, ambas compostas por alunos da Graduação do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Pernambuco campus Recife (IFPE).

As reuniões com a equipe de Gestão Ambiental tiveram objetivo de compartilhar informações sobre a ação prática e teórica da fiscalização do uso dos recursos hídricos realizada pela Apac, bem como para tratamento das informações geográficas.

As reuniões realizadas com TI tiveram como objetivo apresentar o problema da pesquisa, bem como verificar a viabilidade do projeto no que se refere à possibilidade de modelagem de um aplicativo móvel baseado no SIGFIS.

3.1 COLETA DE DADOS

Os dados necessários para o desenvolvimento do SIGFIS foram buscados preferencialmente em formato de arquivos georreferenciados, cujas extensões podem ser “.shp”, “.kml”, “.kmz”, dentre outros. Não sendo possível este tipo de arquivo, tabelas que possuam a informação espacial atribuída puderam ser compatibilizadas para arquivo georreferenciados. Tais dados foram obtidos por meio de consulta a diversos portais eletrônicos de instituições que fornecem oficialmente os temas buscados, assim como acessando as planilhas eletrônicas utilizadas no trabalho da Equipe Técnica de Fiscalização da Apac, ou ainda por meio da leitura de dispositivos legais que informam o dado necessário.

É possível ainda, a obtenção de coordenadas por meio de geocodificação, etapa possível de ser realizada com o programa gratuito Google Earth Pro (GOOGLE, 2019a), por exemplo, por meio da pesquisa por endereço, que retorna um par de coordenadas. Sendo então este par de coordenadas copiado para alguma base de dados, como planilha eletrônica.

Todos os arquivos georreferenciados possuem uma informação topológica associada, isto é uma feição que armazena dados associados a coordenadas geográficas em conjunto de pontos, linhas ou polígonos no caso de arquivos vetoriais.

3.2 CRIAÇÃO DO BANCO DE DADOS

Após a coleta dos dados o SIGFIS passa a ter a informação espacial armazenada em formatos de arquivos compatíveis com programas computacionais de geoprocessamento, cujo banco de dados possibilita a consulta e tratamento dos dados e a disponibilização do dado em informação geográfica, passando a compor os Planos de Informação do SIGFIS. Para o projeto do SIGFIS, o programa de geoprocessamento adotado é o *software* livre QGIS, versão 3.4: Madeira (QGIS, 2018).

3.3 PADRONIZAÇÃO DOS DADOS E INFORMAÇÕES

Após serem coletados os dados, os planos de informação passaram por uma revisão da padronização cartográfica para fins de consistência científica, que tiveram como principais aspectos cartográficos revisados:

- a) Sistema e Projeção de coordenadas (Geográficas, *datum* SIRGAS2000);
- b) Formato das coordenadas disponíveis (Graus decimais);
- c) Extensão padrão do arquivo digital de informações geográficas (extensão Shapefile).

Em se tratando de um território inserido em mais de uma zona da Projeção Planimétrica Universal Transversa de Mercator, optou-se por trabalhar com o sistema de coordenadas de projeção geográfica. Desta forma, todas as coordenadas obtidas em formato de tabelas ou planilhas foram transformadas no formato grau decimal (figura 5).

Figura 5 – Exemplo de uma coordenada geográfica utilizada para o geoprocessamento

| | |
|-----------|------------|
| -8.113972 | -34.894944 |
|-----------|------------|

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Caso os arquivos estejam em extensão diferente, devem ser gerados arquivos de extensão “.shp” (referente a *shapefile*). A extensão de arquivo *shapefile* é criação da empresa Environmental Systems Research Institute (ESRI), e de acordo com Theobald (2001) este formato foi apresentado pela ESRI no início da década de 1990, com o lançamento do programa de geoprocessamento ArcView 2.

Esta etapa é possível de ser realizada por meio do QGIS (2018), com a função “Exportar; Salvar como Shapefile”. Devendo-se atentar à necessidade de conhecimento do

datum de referência. No caso do SIGFIS, o datum em que os arquivos foram salvos é o SIRGAS2000, como forma de seguir a Resolução n.º 01 de 25 de fevereiro de 2005 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2005), que alterou a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro. Este tipo de informação possui o título “SRC” em programas de geoprocessamento, no caso do QGIS o SRC para SIRGAS2000 é “EPSG:4674”. Segundo a resolução do IBGE (2015), não há parâmetros de transformação entre os DATA WGS1984 e SIRGAS 2000, o que significa que na prática as coordenadas são as mesmas. Entretanto a fim de manter a cartografia oficial e para evitar problemas de leituras de projetos por software de geoprocessamento, todas as feições foram atribuídas à projeção SIRGAS2000.

3.4 COMPATIBILIZAÇÃO DOS FORMATOS DIGITAIS DOS DADOS

Arquivos obtidos em formato “.kmz” ou “.kml” que tem como programa computacional padrão o programa Google Earth, possuem como *datum* o WGS1984. Desta forma, arquivos deste sistema, foram todos padronizados para “.shp” em SIRGAS2000.

Arquivos em formato de planilha eletrônica, como “.xlsx”, que possuem campos de coordenadas podem ser compatibilizados como *shapefile* após a transformação inicial em extensão “.csv”.

3.5 GERAÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS

A geração dos mapas temáticos consiste na confecção gráfica dos planos de informação estabelecidos para o SIGFIS, e apresentados nos resultados juntamente com os planos. Os mapas foram gerados por meio do QGIS atentando aos elementos cartográficos necessários para mapas (título, legenda, escala, orientação e projeção cartográfica).

3.6 REVISÃO DA LEGISLAÇÃO

Para a definição dos planos de informação foi necessária revisão de normas legais vigentes que possuem relação com o instrumento da fiscalização, tais como recursos hídricos e gestão ambiental, sendo possível obter por diários oficiais e acessando portais eletrônicos das instituições correlatas.

3.7 DEFINIÇÃO DOS PLANOS DE INFORMAÇÕES DO SIGFIS

Diante da revisão bibliográfica, observou-se que os planos de informação definidos (quadro 1), podem ser subdivididos nas categorias “Base de dados cadastrais e temáticos” e “Dados territoriais legalmente relevantes”.

Quadro 1 – Planos de informação do SIGFIS e respectivas fontes

| PLANO DE INFORMAÇÃO | | FONTE DAS INFORMAÇÕES |
|--|---|---------------------------|
| Base de dados cadastrais e temáticos | Municípios | IBGE |
| | Bacias Hidrográficas | Apac |
| | Hidrografia – Rios | Apac |
| | Hidrografia – Reservatórios | Apac |
| Dados territoriais legalmente relevantes | Processos de fiscalização (águas superficiais e subterrâneas) | Apac (Fiscalização) |
| | Unidades de Conservação | CPRH Órgãos municipais |
| | Área de Proteção dos Mananciais da RMR | Apac |
| | Zoneamento de aquíferos | Apac |
| | Hidrogeologia – classes de aquíferos | CPRM |
| | Municípios em situação de emergência devido à estiagem | Ministério da Integração |
| | Águas de domínio da União | Apac ANA |

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

As fontes destes planos foram acessadas por meio de busca nos portais da internet, a exceção dos arquivos da Apac, que foram obtidos pessoalmente em diversas gerências ou com a própria equipe de fiscalização do uso dos recursos hídricos, e da Unidade de Conservação do Parque Natural Municipal João Vasconcelos Sobrinho que foi obtido diretamente com a Prefeitura Municipal de Caruaru, conforme explicações adiante.

3.8 MODELAGEM DO SIG

A partir de todas as etapas anteriormente citadas, o SIGFIS passa a conter um banco de dados com os planos de informação que caracterizam o SIG. O SIG então possibilita a associação de dados de interesse da fiscalização do uso dos recursos hídricos para que informações sejam disponibilizados por consultas geoespaciais e ferramentas próprias dos programas de geoprocessamento, gerando funcionalidades de análises de conteúdo espacial.

No QGIS, algumas dessas funcionalidades podem ser acessadas por meio da ferramenta de geoprocessamento de vetor.

3.9 MODELAGEM DO APLICATIVO

Para a modelagem do aplicativo móvel observa-se a necessidade premente de termos estabelecido a modelagem do SIGFIS e um dos pontos observados trata da formatação dos arquivos. PostgreSQL utilizando a extensão PostGIS pode processar arquivos diversos de informação geográfica, porém o shp não é um deles, sendo assim, a partir dos arquivos de extensão SHP compatibilizados de acordo com a etapa anteriormente descrita, foi necessário converter tais formatos em possibilidade de importação/conversão para armazenamento no PostgreSQL utilizando formato de objetos SIG da extensão PostGIS, sendo optado pelo formato lançado em 2008 “GeoJSON” (BUTLER et al., 2016), cuja codificação é possível de obter por portal eletrônico geojson.io, bastando a importação para este portal do arquivo desejado, retornando na interface do usuário o código a ser inserido.

3.9.1 Fluxograma dos requisitos para o aplicativo móvel SIGFIS

Além do SIG e suas possibilidades de aplicação na gestão dos recursos hídricos, este projeto objetivou modelar um aplicativo móvel para uso dos agentes fiscais em suas idas a campo. A modelagem de um aplicativo pode representar economia de recursos, agilidade no serviço, regras de trabalho pré-estabelecidas entre outras vantagens. A princípio, projetou-se o desenvolvimento de um aplicativo capaz de atender aos seguintes requisitos:

- a) Leitura do sensor GPS com o reconhecimento em tempo real do posicionamento do aparelho móvel;
- b) Cadastro do usuário baseado nos perfis de: agente fiscal e cidadãos em geral;
- c) Leitura dos planos de informações definidos no SIGFIS baseado no posicionamento do aparelho móvel;
- d) Bufferização de áreas previstas para fiscalização em campo como forma de melhorar rendimento e economia de espaço virtual;
- e) Cadastro de usos de recursos hídricos identificados em campo como forma de registro inicial e auxiliar aos relatórios de fiscalização;
- f) Alerta aos agentes fiscais no caso de fiscalização realizada em posicionamento inserido em algum território legalmente relevante.

Conforme sugerido pela equipe de TI, foram elaborados fluxogramas dos requisitos propostos para o aplicativo móvel do SIGFIS. Para os fluxogramas, optou-se pelas ferramentas Lucidchart (www.lucidchart.com) e Mockflow (<https://mockflow.com/>), ferramentas disponíveis na *internet* para a criação de diagramas. Estas ferramentas possuem versões pagas e gratuitas, sendo as gratuitas com limitações de diagramação.

3.9.2 Definição das soluções tecnológicas

A definição das soluções tecnológicas a serem adotadas, foi elaborada a partir do fluxograma dos requisitos, compreendendo as etapas de:

- a) Diagramação dos Recursos;
- b) Servidor WEB;
- c) Linguagem de Programação;
- d) Interface de Programação de Aplicações (API) de Integração;
- e) Sistema de Gerenciador de Banco de Dados;
- f) API de Geolocalização.

As soluções foram elaboradas pela equipe do Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas do IFPE como resposta ao fluxograma dos requisitos.

Além das soluções tecnológicas desenvolvidas pela equipe, alguns aplicativos (Quadro 2) disponíveis para dispositivos móveis de Sistema Operacional Android (GOOGLE, 2019b) foram verificados empiricamente, com o fim de manusear e observar funções que possam servir de auxílio na adoção de soluções.

Quadro 2 – Aplicativos para dispositivos móveis experimentados disponíveis para Sistema Operacional Android (continua)

| Aplicativo | Oferecido por |
|--|---------------------------------|
| Agrotag | Sistema AgroTag |
| C7 GPS Dados | UFSM - Laboratório de Geomática |
| Collector for ArcGIS | Esri |
| Go Field Collector | Geoambiente |
| Google Maps - Navegação e transporte público | Google LLC |
| GPS Essentials | mictale.com |
| gvSIG Mobile | gvSIG Association |
| Locus Map Free - Outdoor GPS navegação e mapas | Asamm Software, s. r. o. |
| Orion | Nitentech |

Quadro 2 – Aplicativos para dispositivos móveis experimentados disponíveis para Sistema Operacional Android (conclusão)

| | |
|----------------------|------------|
| QField for QGIS | OPENGIS.ch |
| Survey123 for ArcGIS | Esri |

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Os aplicativos observados também serviram para melhor vivência com este tipo de problema já resolvido para situações específicas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os planos de informações definidos, obtidos e padronizados, o fluxograma dos requisitos para o aplicativo móvel SIGFIS, as soluções tecnológicas propostas e uma versão de teste do aplicativo móvel SIGFIS. Além dos resultados, dois artigos de revisão bibliográfica foram submetidos a revistas científicas, um sobre sistemas de informações geográficas na gestão dos recursos hídricos e outro sobre integração da Política Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco com a gestão ambiental.

4.1 BASE DE DADOS CADASTRAIS E TEMÁTICOS

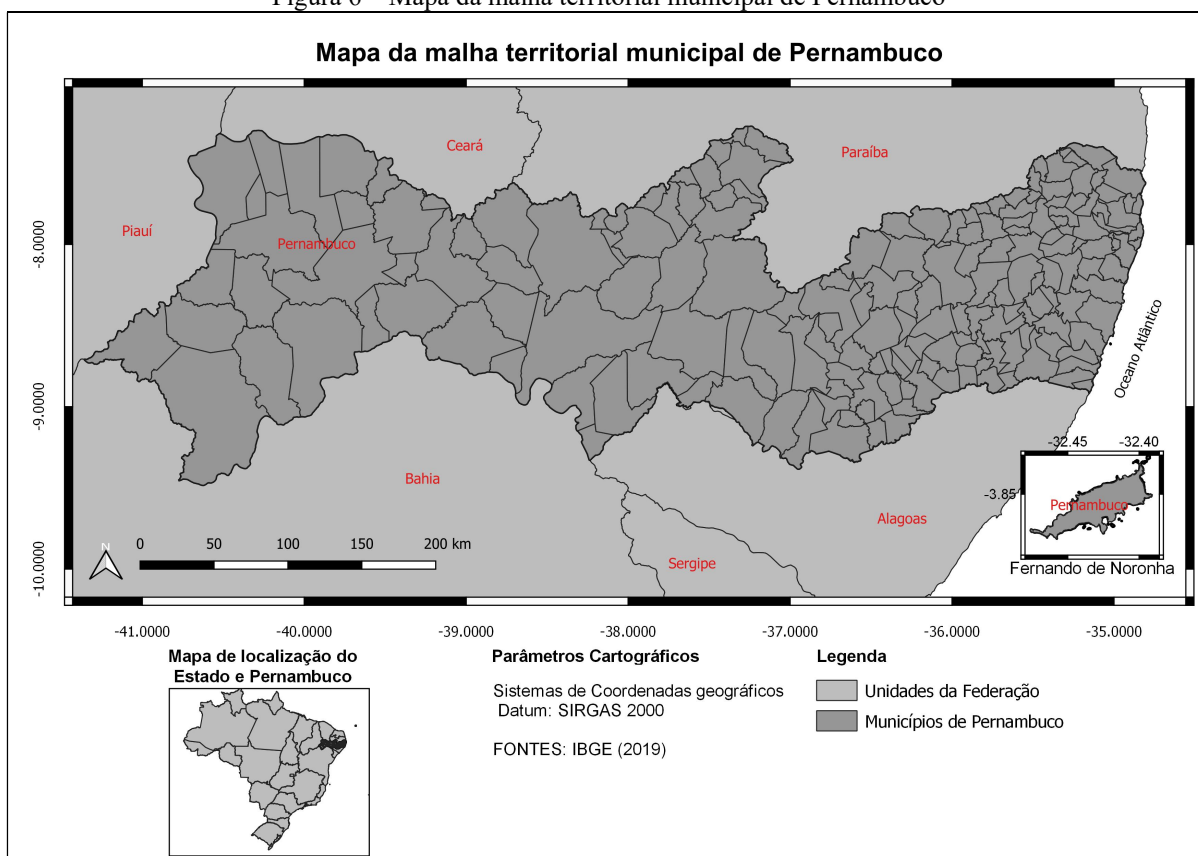
Nesta categoria estão planos de informações, cujos dados possuem um sentido de localizar informações referentes ao território de Pernambuco, porém sem alterar a ação fiscalizadora propriamente dita, fazem parte desta categoria, os municípios, as bacias hidrográficas, a hidrografia (rios) e a hidrografia (reservatórios).

4.1.1 Municípios

Este plano de informação pode ser obtido por meio do portal de mapas do IBGE (2019), que disponibiliza para consulta e download as malhas municipais em formato *shapefile* em SIRGAS2000. Sendo assim, a camada vetorial do tipo polígono da divisão política territorial dos municípios (figura 6) de Pernambuco tem seus limites atualizados no ano de 2018 e arquivo disponibilizado em 25 de fevereiro de 2019 na escala de 1:250.000.

O estado de Pernambuco possui 185 municípios, com área total de 98.068,021 km². Para uma melhor didática e apresentação optou-se neste trabalho por não incluir nas imagens a Ilha de Fernando de Noronha nos demais planos de informação, embora este município esteja descrito em algumas das camadas.

Figura 6 – Mapa da malha territorial municipal de Pernambuco



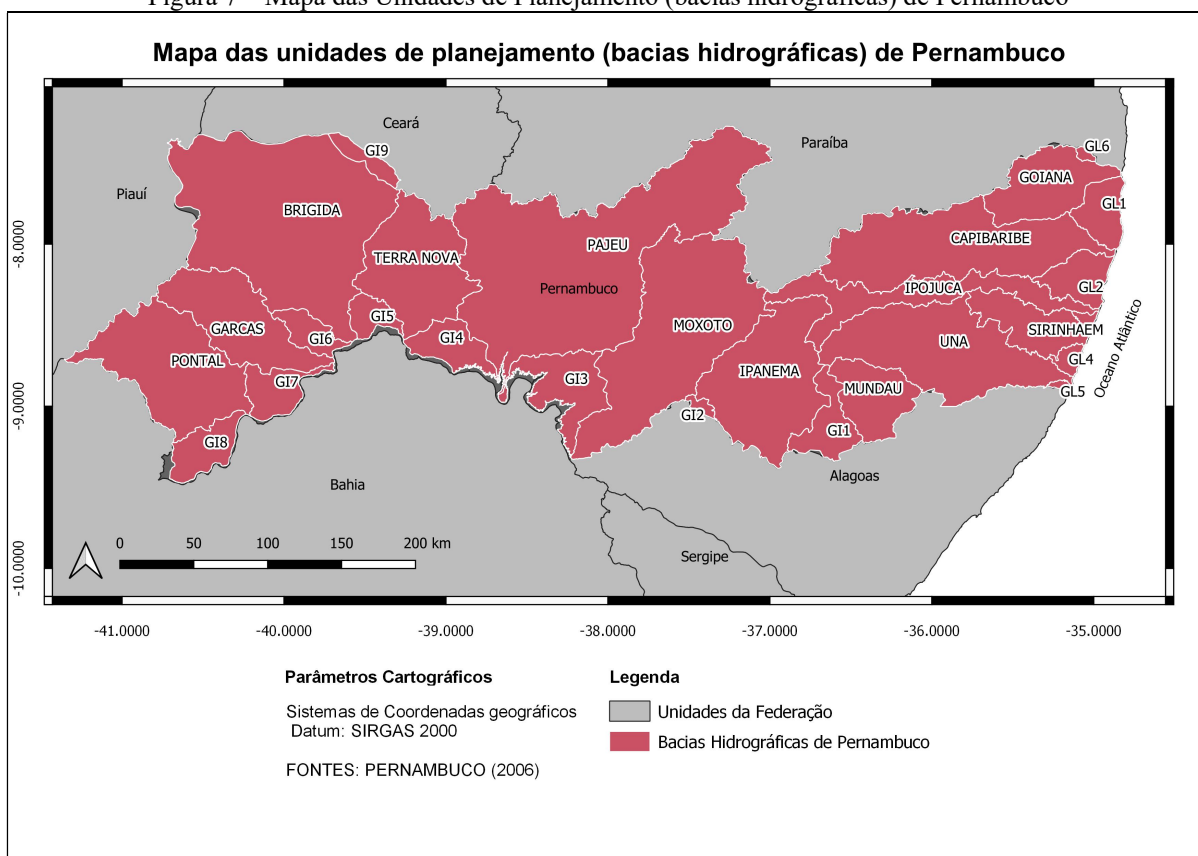
Fonte: Elaborado pelo autor (2019) (adaptado de IBGE, 2019).

4.1.2 Bacias hidrográficas

O Estado de Pernambuco possui vinte e nove Unidades de Planejamento – UP (Apêndice B) para os fins de implantação da Política Estadual de Recursos Hídricos (PERNAMBUCO, 2006).

O arquivo vetorial do tipo polígono foi obtido junto à Apac em formato “.kmz”, (figura 7). Este tipo de informação é essencial aos planejamentos que se façam necessários na gestão dos recursos hídricos do estado de Pernambuco.

Figura 7 – Mapa das Unidades de Planejamento (bacias hidrográficas) de Pernambuco

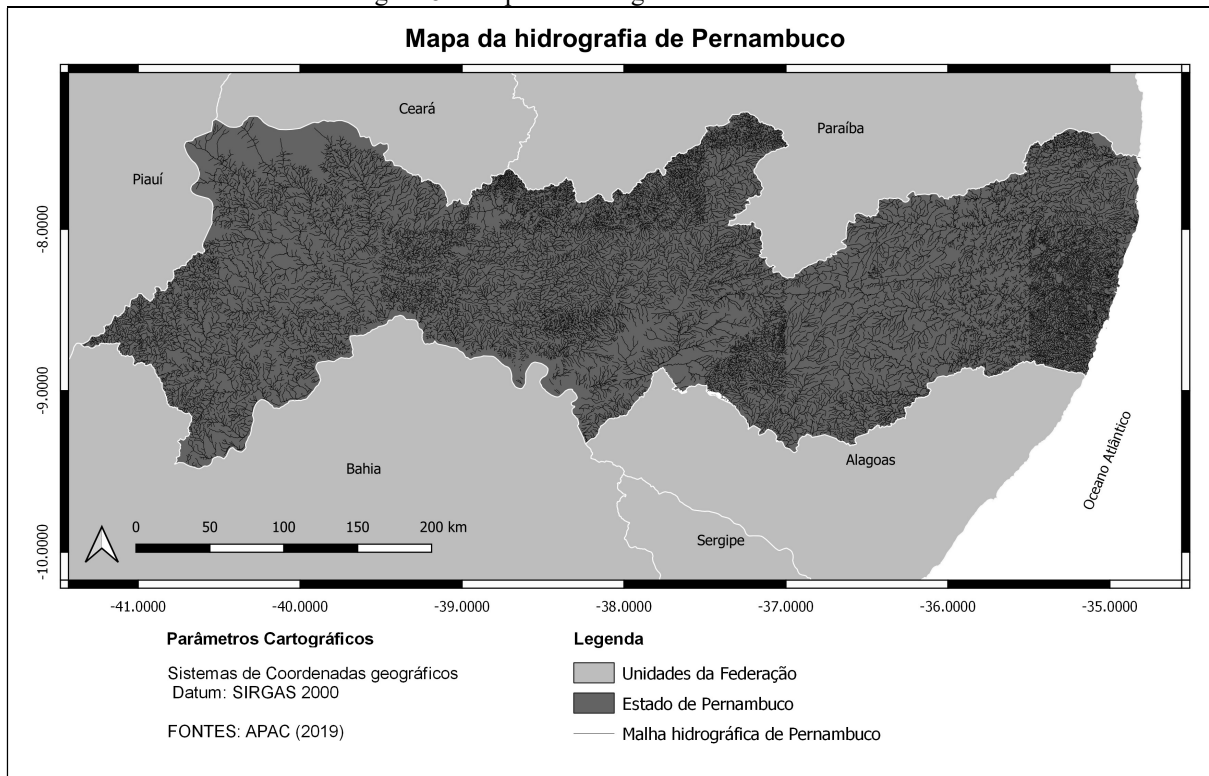


Fonte: elaborado pelo autor (2019) (adaptado de Pernambuco, 2006; APAC, 2019).

4.1.3 Hidrografia – Rios

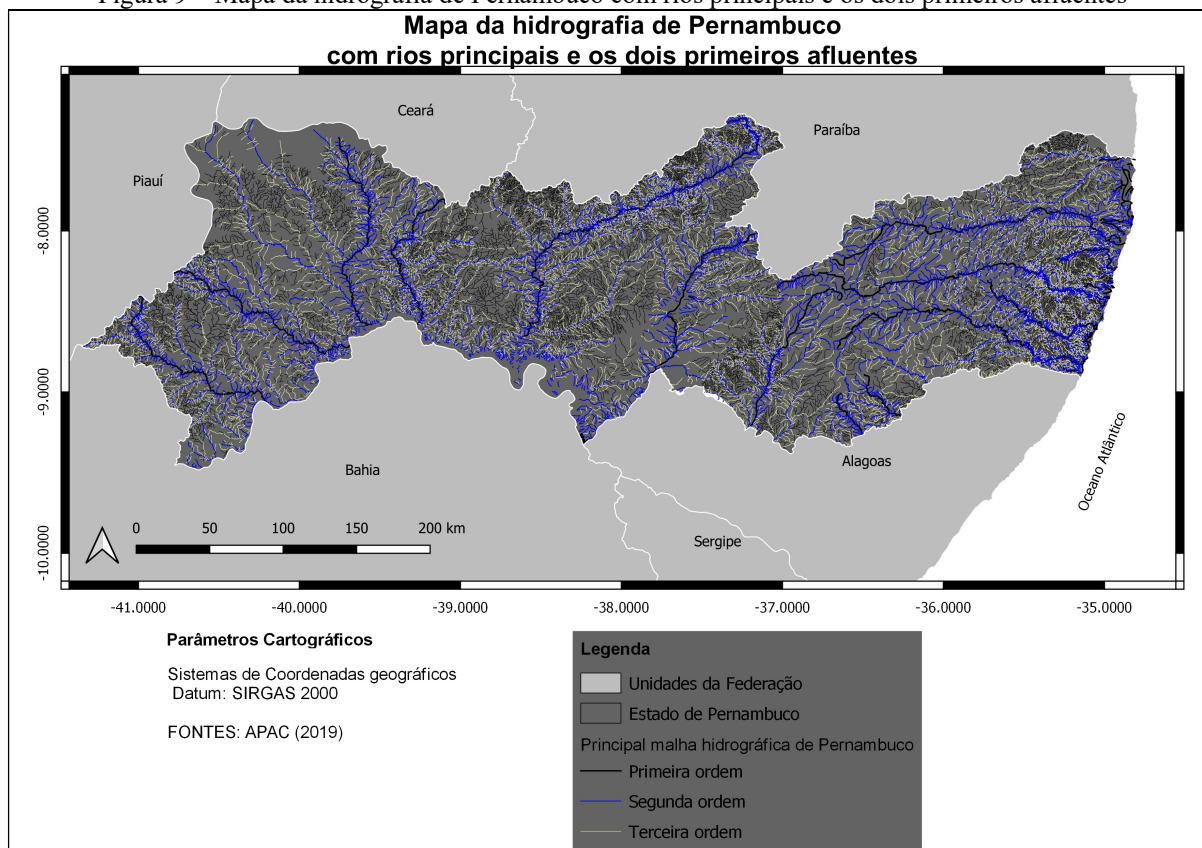
Camada vetorial do tipo linha obtida junto à Apac no formato “.kmz”. Ao todo existem 18.352 feições nesta camada vetorial apresentando afluentes de sexto grau, totalizando mais de sessenta e seis mil quilômetros de extensão em cursos d’água e/ou drenagem, com extensão média de 3,6 km, sendo os rios de maior extensão o Pajeú (com 356 km), seguido por Ipojuca (322 km), Una (291 km), Capibaribe (279 km) e Moxotó (229 km) cada um em suas respectivas bacias hidrográficas homônimas. De acordo com a tabela de atributos obtida pelo QGIS, 2.115 cursos d’água possuem nomes próprios, porém observa-se que rios importantes como Capibaribe, Ipojuca e Una são nomes repetidos (Apêndice C), demonstrando algumas falhas na vetorização original. Diante da grande quantidade de dados presentes neste plano (figura 8) – sendo inclusive arquivo de maior tamanho gerado – optou-se por subdividir a rede hidrográfica de modo que apenas os cursos d’água principais e seus dois primeiros afluentes hierárquicos sejam disponíveis (figura 9). Esta subdivisão foi possível ser diminuta de erros graças à presença do atributo “ordem” no arquivo original.

Figura 8 – Mapa da Hidrografia de Pernambuco



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Figura 9 – Mapa da hidrografia de Pernambuco com rios principais e os dois primeiros afluentes



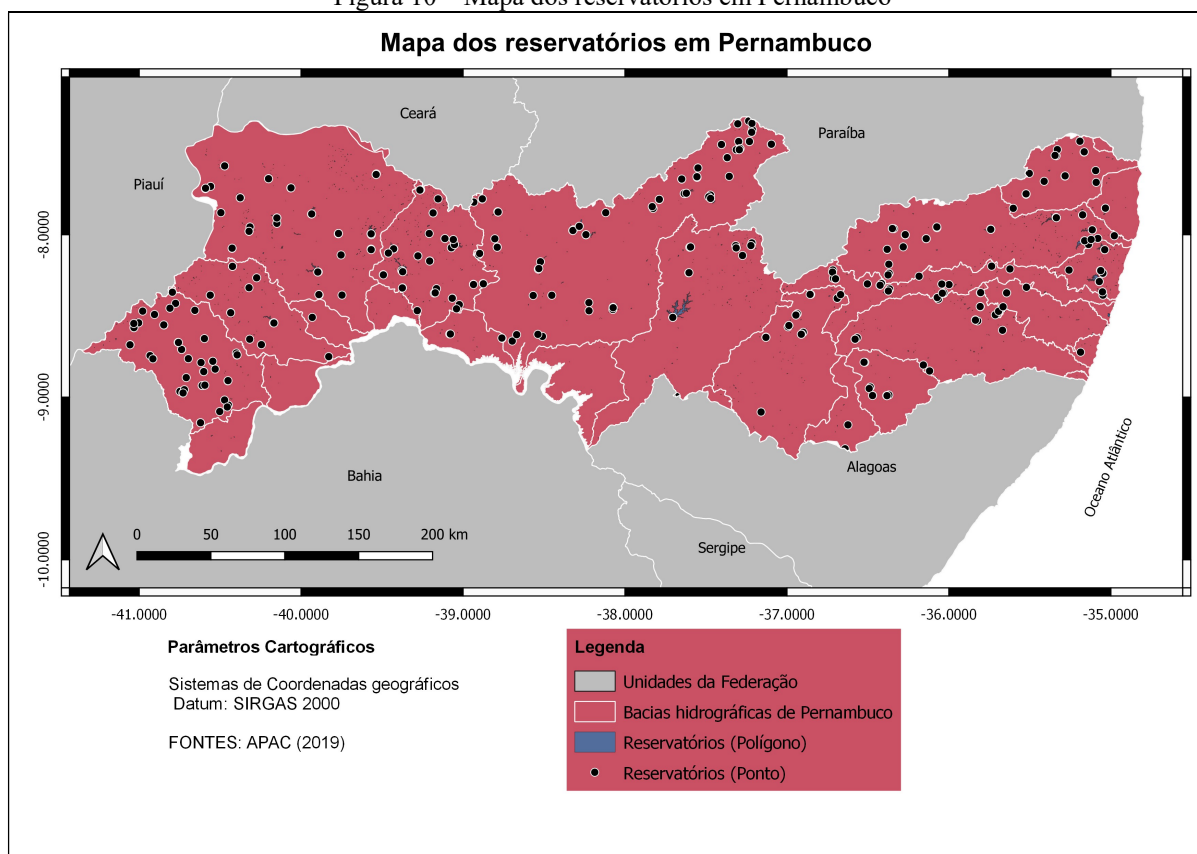
Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Importante ressaltar que este arquivo vetorizado representando a hidrografia de Pernambuco foi baseado em cartas topográficas elaboradas pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 1997) e o Exército Brasileiro, nas escalas de no máximo 1:100.000, o que representa uma possível perda de informações com relação à realidade quando nos deparamos com verificações em campo, entretanto são suficientes para obtermos a existência dos cursos d'água e a alguns de seus atributos, como a dimensão aproximada ou a nomenclatura, por exemplo.

4.1.4 Hidrografia – Reservatórios

Camadas vetoriais nos tipos de pontos e polígonos (figura 10), obtidas na Apac em formato “.kmz”.

Figura 10 – Mapa dos reservatórios em Pernambuco



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Para a informação de pontos, foram obtidos junto à Apac quatro arquivos distintos. Alguns destes arquivos possuem feições em comum, ou seja, o mesmo açude está presente em mais de um arquivo, entretanto com tabelas de atributos distintas, tais como instituição

responsável pelo monitoramento, domínio da regulação do uso, abastecimento realizado pela Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa), dentre outros. Como esta concomitância não ocorre com todos os açudes, optou-se por manter os quatro arquivos, visto que demandaria uma operação maior resumir cada açude em um único arquivo com os atributos distintos. A camada de polígono, por sua vez, apresenta 1.219 feições representando o perímetro de diversos açudes.

É possível que este plano de informação passe a ter um caráter de relevância legal, diante da crescente preocupação com quesitos de segurança devido a tragédias recentes ocorridas no Brasil e com maior aplicação mais efetiva da Política Nacional de Segurança de Barragens. Além disto, outra possibilidade de informação geográfica que pode interferir na aplicação da fiscalização está no prejuízo ao abastecimento público, decorrente de atividades irregulares. Ou seja, quando uma infração é registrada próximo a um ponto de captação do abastecimento público, especialmente em reservatórios, visualmente é possível registrar a situação agravante, porém se está distante da ação fiscalizatória, não se pode assegurar que o prejuízo esteja acontecendo. Entretanto, ambas as possibilidades ainda são incipientes, devido principalmente a uma necessidade de integração entre setores distintos e bancos de dados diversos, o que requer uma ação além da fiscalização. Desta forma, a categorização como base de dado cadastral já é o suficiente para a informação do manancial em questão.

4.2 DADOS TERRITORIAIS LEGALMENTE RELEVANTES

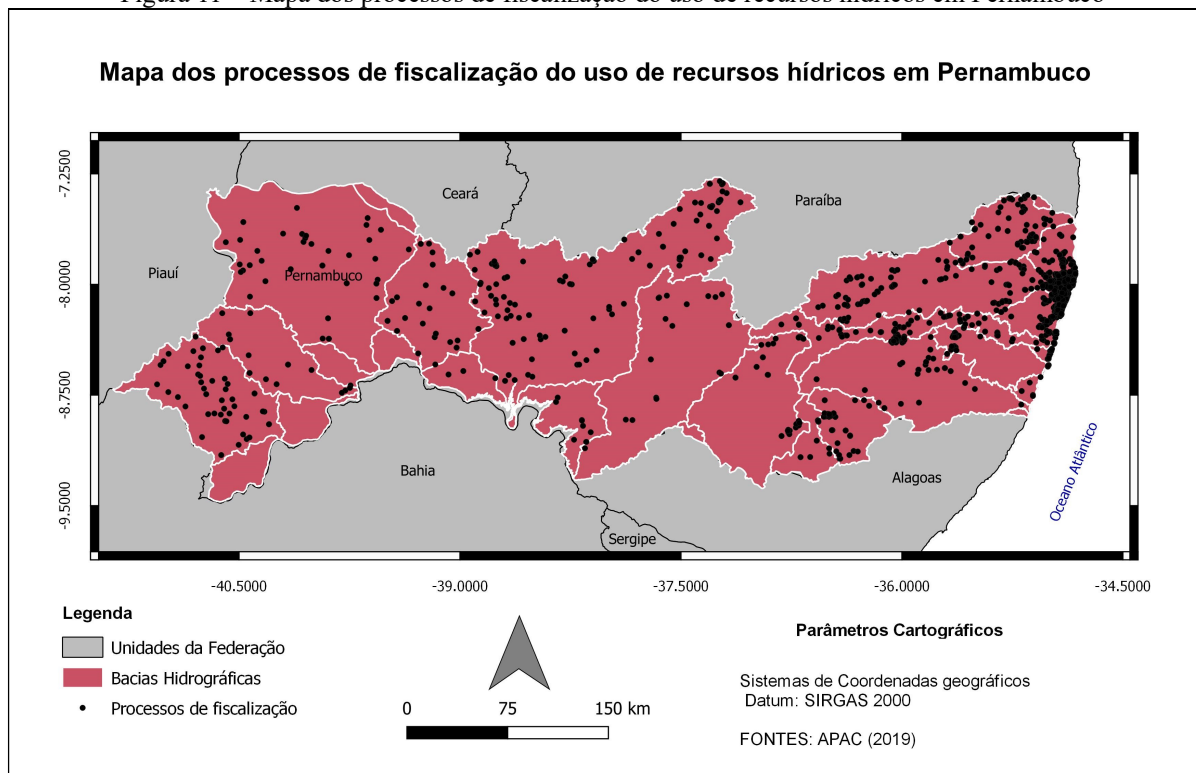
Nesta categoria foram definidos planos de informações que possuem aparatos legais, onde se observa a possibilidade de integração entre o instrumento da fiscalização na política estadual de recursos hídricos e a gestão ambiental. Com base na revisão da legislação, foram pesquisados os dados de processos de fiscalização, águas de domínio da União, unidades de conservação, zoneamento de aquíferos da RMR e do Jatobá, a hidrogeologia (classes de aquíferos), área de proteção dos mananciais da RMR, e municípios em situação de emergência. Nesta categoria de planos de informações, o SIGFIS passa a contar com a possibilidade de ferramentas de geoprocessamento como análises vetoriais que permitem a identificação de situações de interesse aumentado para o instrumento da fiscalização, tais como a ação em águas de domínio da União, a possibilidade de aprimoramento da legislação, dentre outros.

4.2.1 Processos de fiscalização (águas superficiais e subterrâneas)

Plano de informação obtido a partir de planilha eletrônica utilizada no exercício da função da fiscalização. Possui 3827 registros, dos quais, foram obtidos 3630 pares de coordenadas (94,85% dos registros) representando vistorias realizadas em campo pela equipe e/ou locais com infrações identificadas e autuações emitidas pela equipe de fiscalização do uso dos recursos hídricos. A planilha foi convertida em formato de valores separados por vírgulas “.csv” (do inglês *comma-separated values*) e em sequência, por meio da função “Adicionar uma camada de texto delimitado” no QGIS (Apêndice D), foi gerado um arquivo georreferenciado do tipo vetorial com os pontos representando os registros que possuem coordenadas (figura 11).

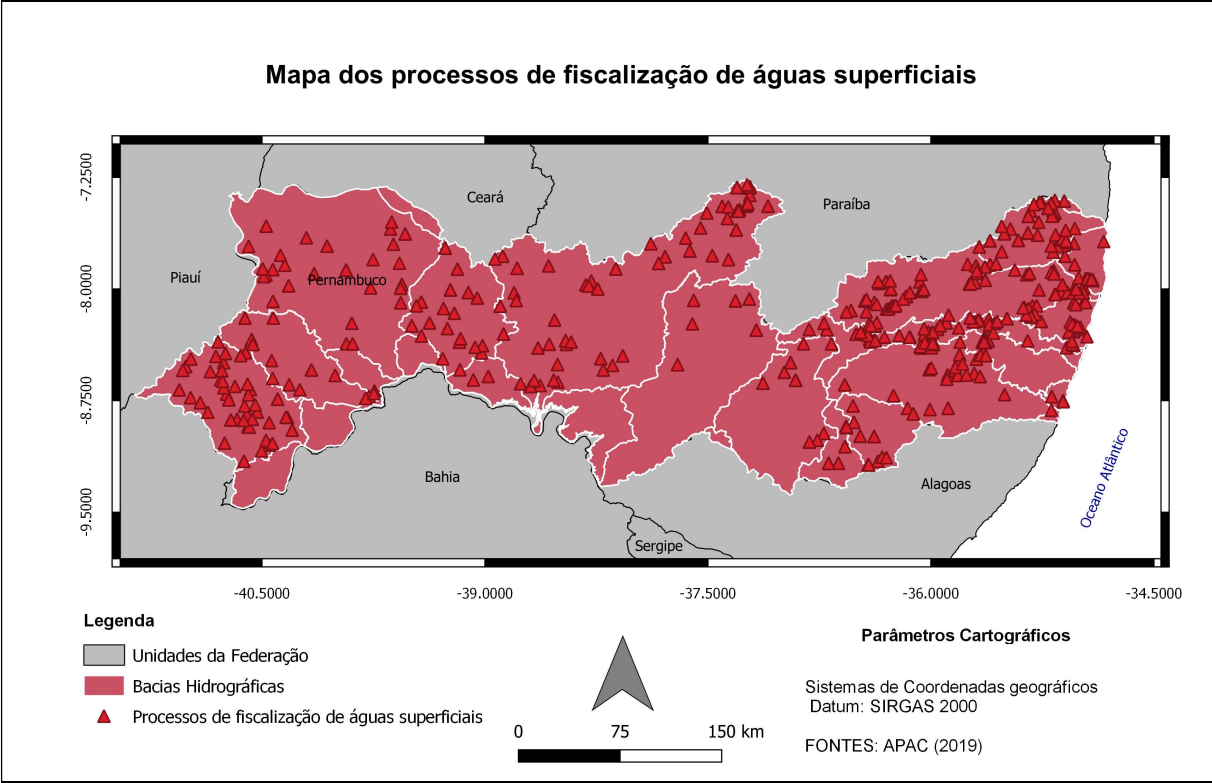
A partir deste plano de informação foram extraídos 767 registros que se referem ao uso da água superficial (figura 12) e 2863 de água subterrânea (figura 13), representando 21% e 79% dos registros respectivamente.

Figura 11 – Mapa dos processos de fiscalização do uso de recursos hídricos em Pernambuco



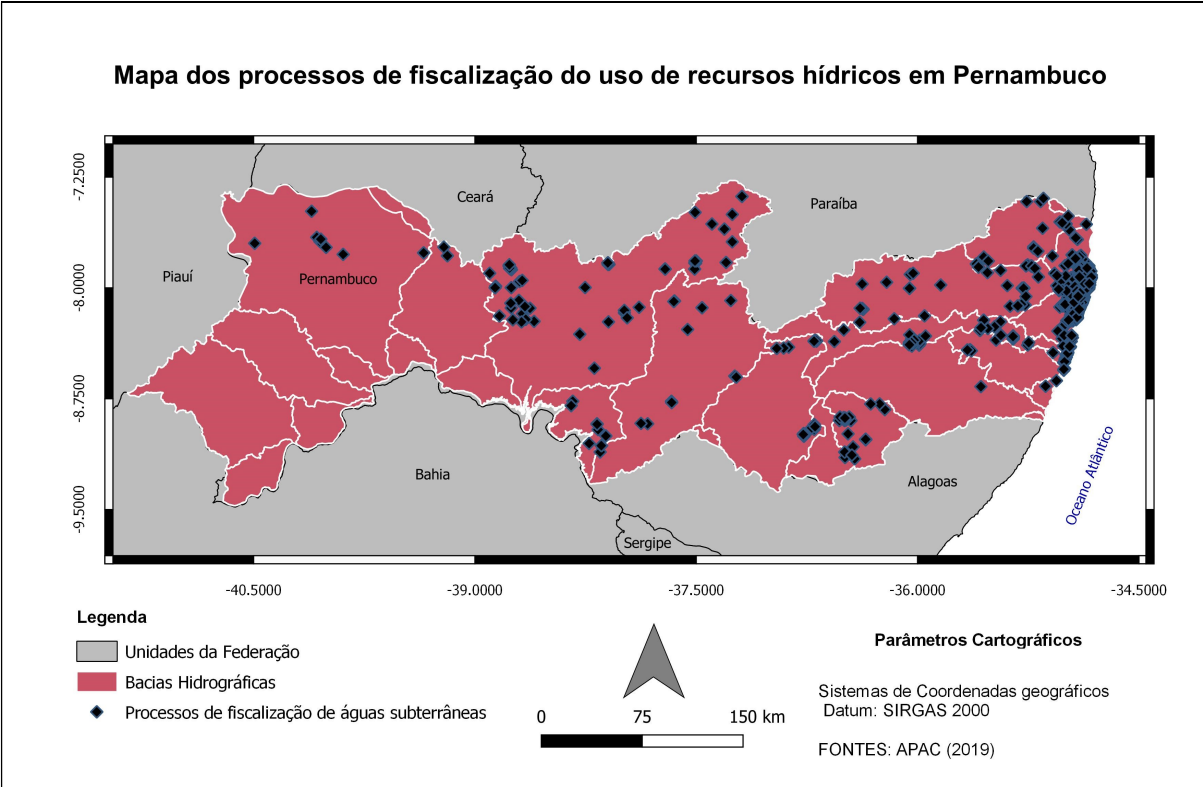
Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Figura 12 – Mapa dos registros de fiscalização de água superficial em Pernambuco



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Figura 13 – Mapa dos registros de fiscalização de água subterrânea em Pernambuco



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

A planilha original possui dados registrados diretamente como o número de processo administrativo, o nome do responsável, o município, número e tipo de autuação (se houver), dentre outros. Um mesmo processo administrativo pode possuir diversas coordenadas atribuídas, pois um usuário pode ser responsável por mais de uma captação. Entretanto a mesma captação registrada mais de uma vez (por ter sido visitada mais de uma vez, por exemplo) foi excluída da planilha utilizada como arquivo de importação, apenas para evitar a duplicidade do ponto, o que deve ser evitado de se fazer caso sejam realizados levantamentos gerais sobre vistorias por exemplo.

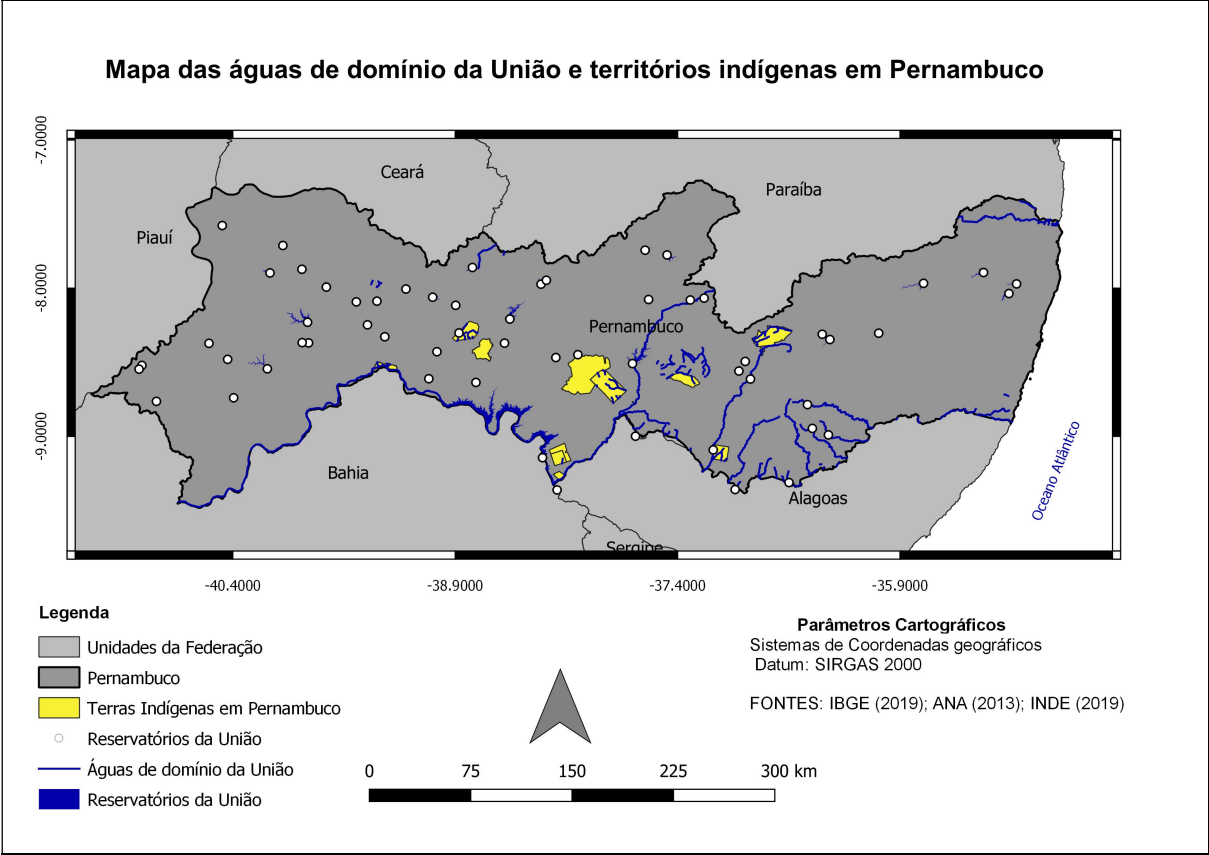
4.2.2 Águas de domínio da União

Foram obtidos junto ao portal da ANA (2013) os arquivos em *shapefile* de corpos d'água da união, contemplando cursos d'água na topologia vetorial de linha, reservatórios na topologia de ponto e alguns espelhos d'água destes reservatórios, na topologia de polígono. Como complemento, foram pesquisadas camadas de informações de territórios indígenas, já que é um território que necessita de articulação com o governo federal, sendo obtida uma camada vetorial dos polígonos desta informação junto ao Centro de Monitoramento Remoto da Fundação Nacional do Índio (CMR/Funai), disponibilizado pelo portal da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE, 2019). Ambos os planos de informação (figura 14) possuem o mesmo intuito de prévia identificação de territórios cuja competência federal se sobrepõe à ação da fiscalização da Apac.

Desta forma, é necessário que a fiscalização exercida pela Apac tenha conhecimento da competência sobre o corpo d'água em questão para quando ocorrer de ser acionada neste corpo d'água, sejam tomadas as devidas providências de encaminhamentos, visto que o órgão estadual não possui competência para a ação da fiscalização em corpo d'água de domínio da União.

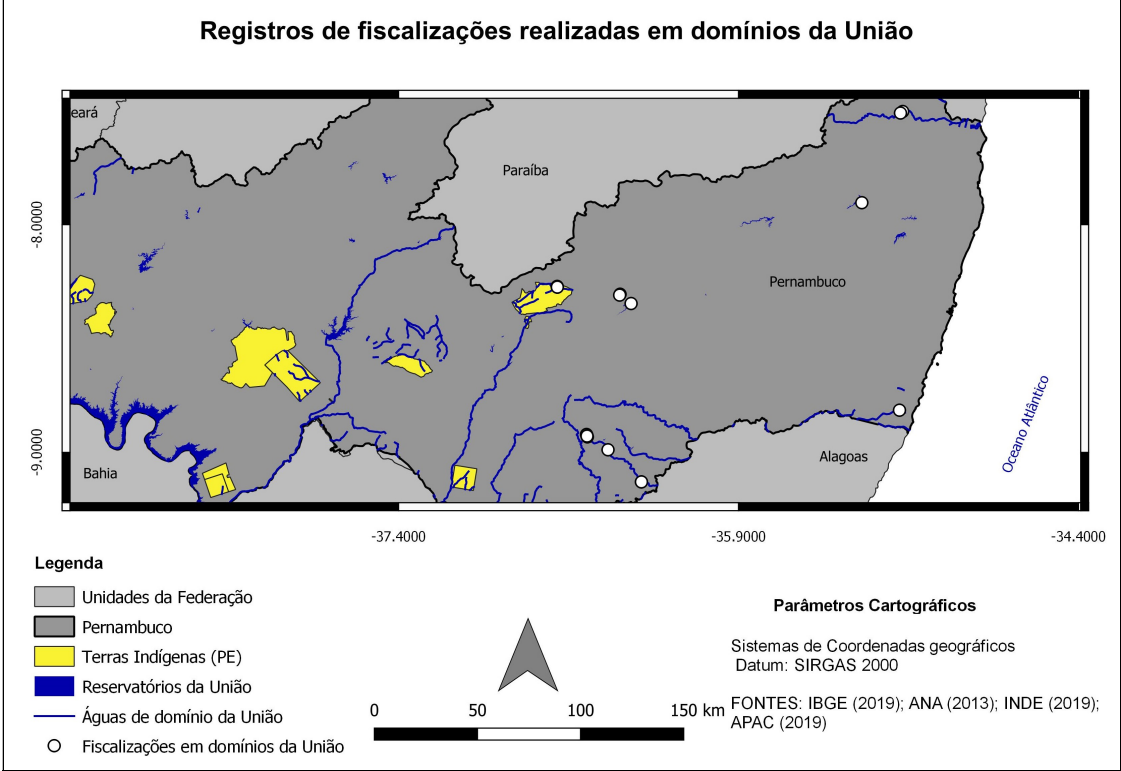
Uma das possibilidades de aplicação do SIGFIS com relação a este Plano de Informação, pode ser demonstrada na quantidade de registros (figura 15) que foram obtidos realizando ferramentas vetoriais de *buffer* dos rios de domínio da união e interseção dos processos com os planos demonstrados anteriormente.

Figura 14 – Mapa das águas de domínio da União e territórios indígenas em Pernambuco



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Figura 15 – Registros de fiscalizações realizada em domínio da União



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

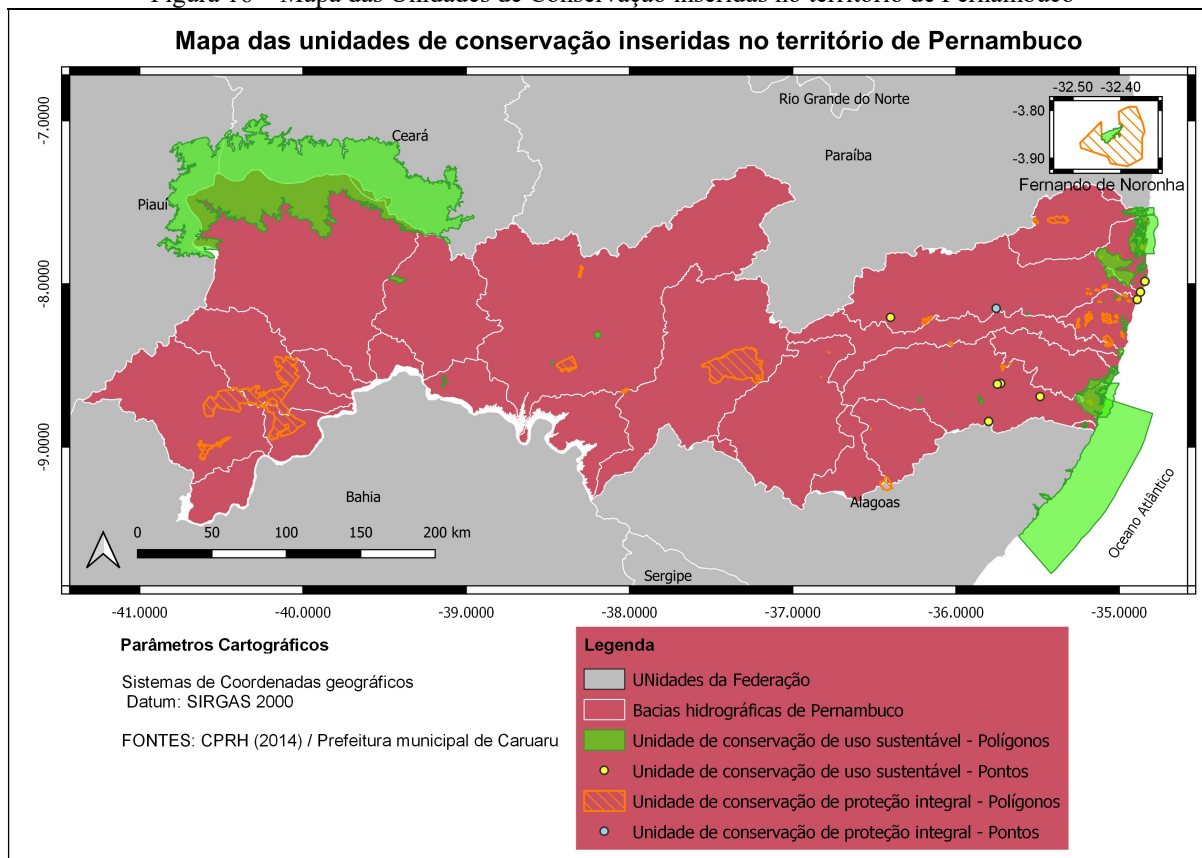
Com estas ferramentas, surgiram 17 registros de fiscalizações realizadas em cursos d'água da União, após um processamento de *buffer* de 50 metros de distância do curso d'água, 2 registros em territórios indígenas e 4 registros em reservatórios da União. Alguns destes registros estão bastante próximos um do outro e em alguns casos coincidem de ser ao mesmo tempo Terra Indígena e curso d'água da União.

4.2.3 Unidades de Conservação

O plano de informações das Unidades de Conservação (UC) foi elaborado a partir de arquivos disponíveis no formato “.kmz” no portal Sistema de Informações Geoambientais de Pernambuco (SIG-Caburé), desenvolvido pela Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH, 2014).

Os arquivos disponíveis se dividem nas duas categorias de UC, tanto em formato de polígono como de ponto, totalizando quatro arquivos distintos contendo UC que se encontram no território pernambucano. Destes arquivos, chama a atenção a existência de duas UC de proteção integral de competência municipal que não possuem delimitação em polígono no SIG-Caburé, são elas o Parque Ecológico de Serra Negra, no município de Bezerros e o Parque Natural Municipal João Vasconcelos Sobrinho, no município de Caruaru. A princípio, o arquivo fornecido pelo SIG-Caburé contém o Parque Natural Municipal João Vasconcelos Sobrinho em Caruaru, na feição de ponto, porém, com a realização de diversas campanhas de fiscalização realizadas em conjunto entre a Apac e a fiscalização ambiental do município de Caruaru, foi obtido o polígono do Parque junto à Secretaria Municipal de Sustentabilidade e Desenvolvimento Rural, contendo o limite, o zoneamento e a zona de amortecimento desta UC, sendo então este arquivo adicionado ao Plano de Informação das UC, substituindo a feição de ponto anteriormente obtida (figura 16).

Figura 16 – Mapa das Unidades de Conservação inseridas no território de Pernambuco



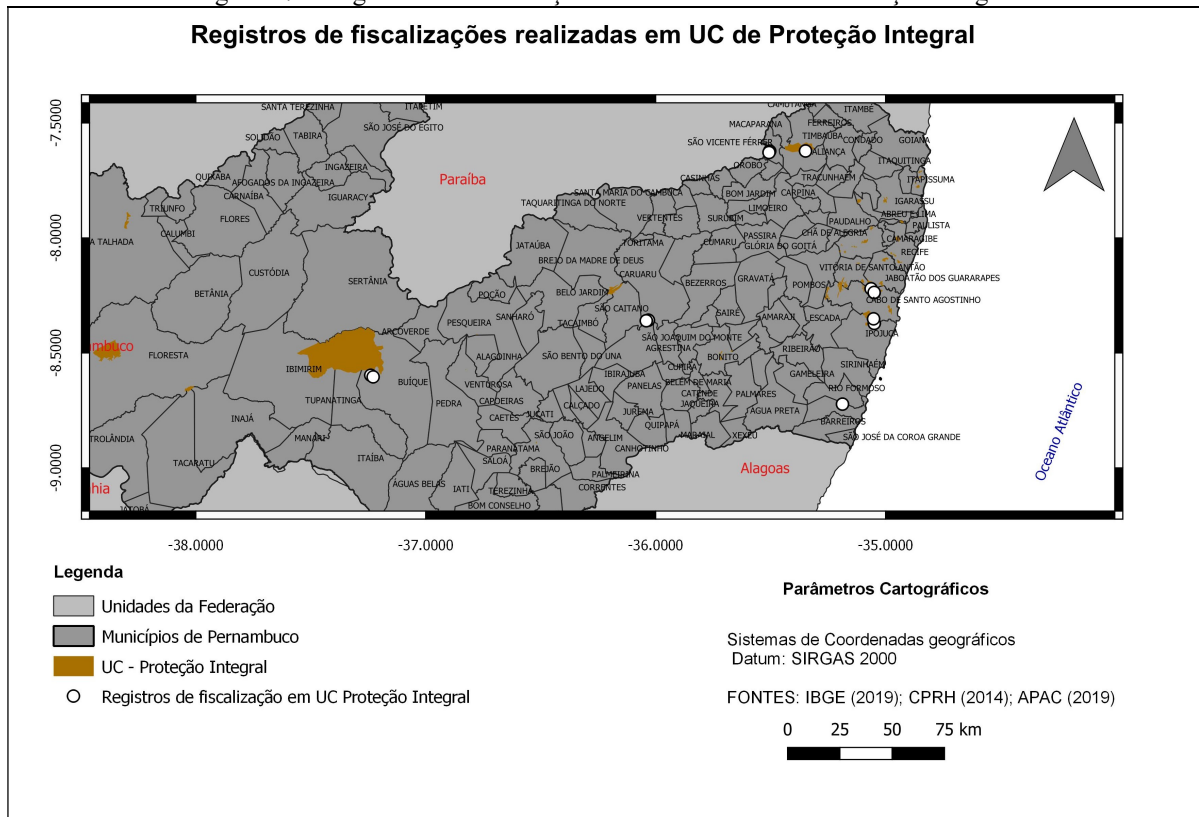
Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Durante o desenvolvimento deste projeto, duas unidades de conservação de proteção integral foram criadas, a UC Refúgio de Vida Silvestre Serra do Giz (PERNAMBUCO, 2019a) e Refúgio de Vida Silvestre Serras Caatingueiras (PERNAMBUCO, 2019b), ambas no sertão de Pernambuco e não estão contidas no plano de informação gerado, pois não foi possível obter o arquivo vetorial.

Ao final, foram extraídas 109 UC, sendo 56 de uso sustentável e 53 de proteção integral, 100 estão em formato de polígono e 9 em formato de ponto (Apêndice E).

Uma sugestão para que se possa fortalecer a gestão ambiental em integração com a PERH pode ser iniciando pelas UC de proteção integral. Como resultado das análises de geoprocessamento, foram observados 22 registros de fiscalizações inseridas neste contexto (figura 17). Destes registros 17 se referem ao não cumprimento de medidas da Política Nacional de Segurança de Barragens com autuações aos empreendedores responsáveis.

Figura 17 – Registros de fiscalizações realizadas em UC de Proteção Integral



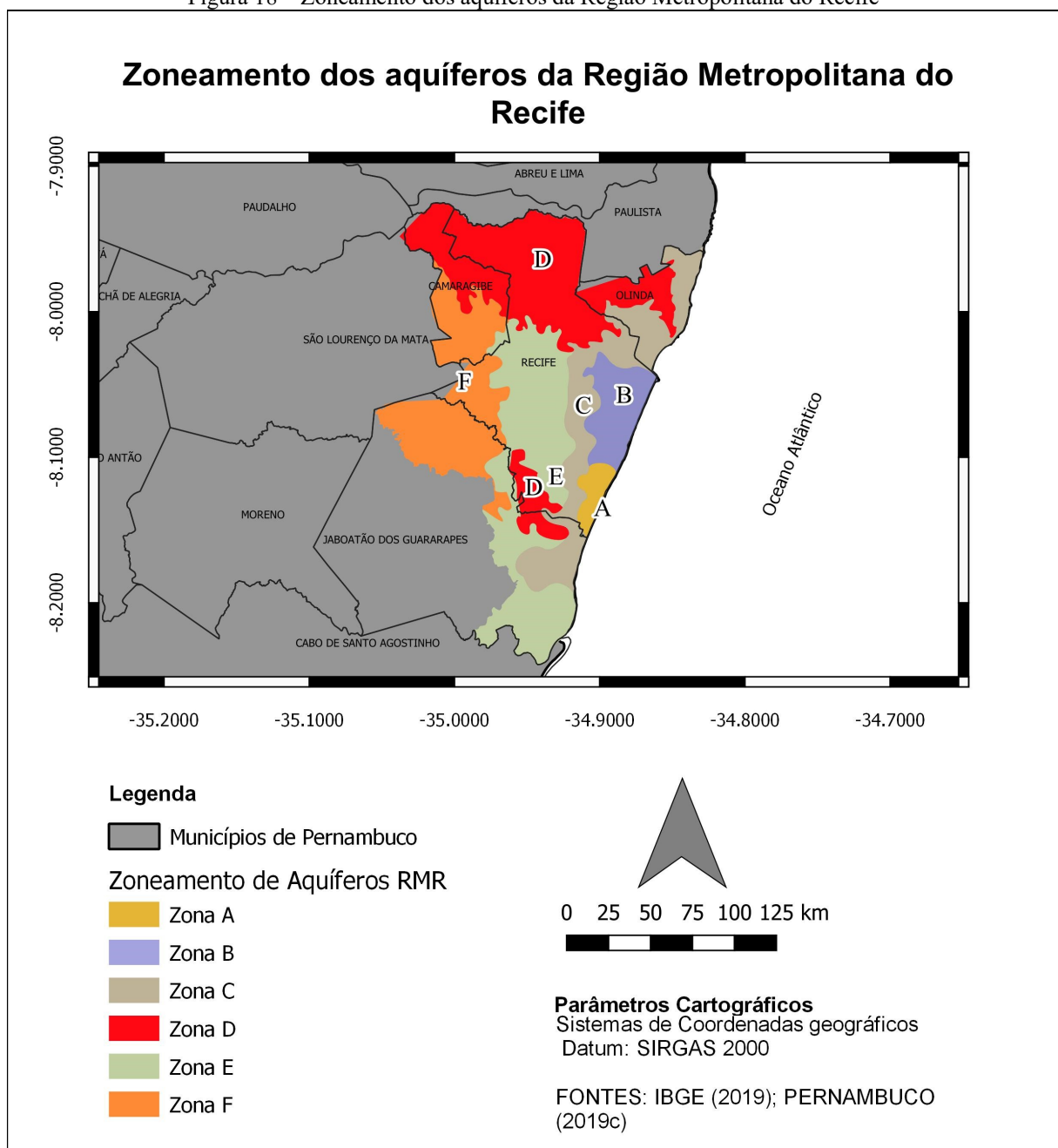
Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Conforme já relatado, existem previsões no Decreto Estadual nº 38.752/2012 de que tal integração aconteça, como por exemplo a possibilidade de agravar a penalidade da multa quando danos ao meio ambiente são identificados junto a uma infração. Entretanto, uma complementação desta norma poderia explicitar em que contexto os danos poderiam ser considerados.

4.2.4 Zoneamento de aquíferos

No decorrer deste projeto, foram aprovadas duas novas resoluções por parte do Conselho Estadual de Recursos Hídricos de números 01 e 02, no ano de 2019, que tratam do zoneamento de aquíferos em duas regiões de Pernambuco. A resolução 01 (PERNAMBUCO, 2019c) atualiza o zoneamento da Região Metropolitana do Recife, com base no estudo Hidrorec III. São cerca de 400 km² de áreas com restrições de uso, sendo a Zona A mais restrita compreendendo praticamente todo o bairro de Boa Viagem, uma das áreas de maior densidade populacional da cidade de Recife (figura 18).

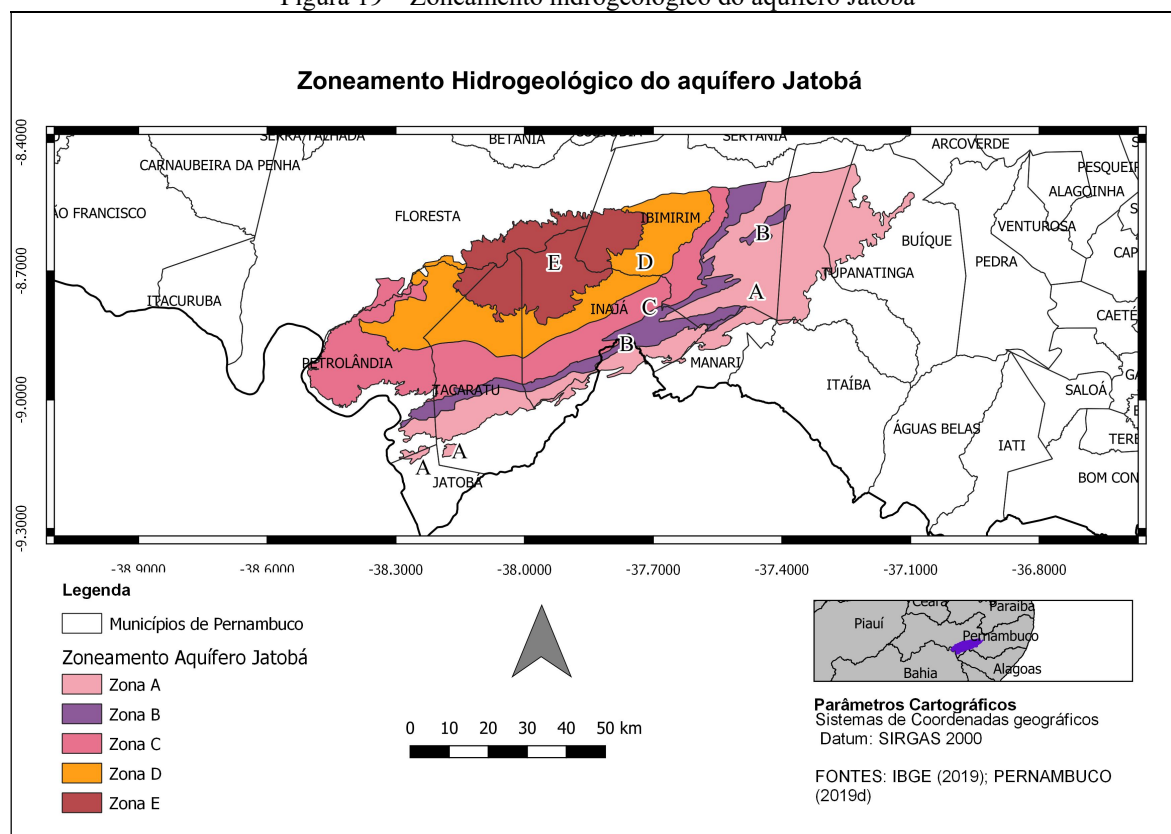
Figura 18 – Zoneamento dos aquíferos da Região Metropolitana do Recife



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

A resolução 02 (PERNAMBUCO, 2019d) dispõe sobre a exploração das águas subterrâneas na Bacia Sedimentar do Jatobá, especialmente nos municípios de Ibimirim, Buíque e Inajá, sertão do estado (Figura 19).

Figura 19 – Zoneamento hidrogeológico do aquífero Jatobá



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

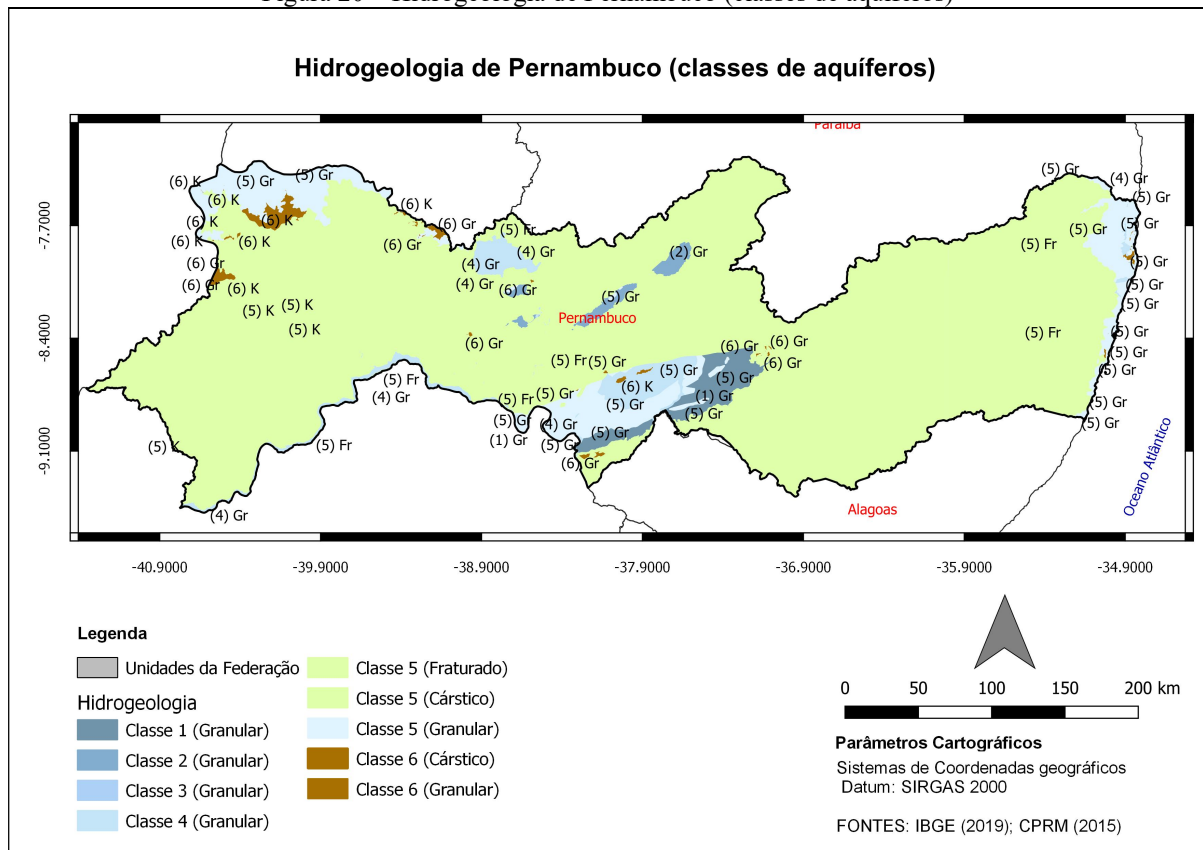
Como são áreas regulamentadas, a possibilidade de aplicação do SIGFIS torna-se mais prática pois existem parâmetros para serem cumpridos, em especial na RMR, onde é fica evidente a proibição de perfuração na Zona A, compreendendo boa parte do bairro de Boa Viagem, em Recife. No zoneamento do aquífero Jatobá, inicialmente serve de guia para a análise dos processos de outorga, entretanto também com potencial de aplicação da fiscalização.

4.2.5 Hidrogeologia – classes de aquíferos

Baseado nas classificações de aquíferos (CPRM, 2015), a intenção de inserir este plano de informação se dá pela relevância que alguns destes aquíferos representam para suprimento de água local. Para a área de estudo, são quatro folhas que abrangem o território pernambucano: SB-25 Natal, SC-25 Recife, SC-24 Aracaju e SB-24 Jaguaribe. Desta forma, foram obtidos arquivos em formato *shapefile* diretamente com o portal do serviço.

Observa-se, com base nas classes de aquíferos presentes no estado (Figura 20) o predomínio da hidrolitologia fraturada, o que representa pouca disponibilidade de aquíferos produtivos.

Figura 20 – Hidrogeologia de Pernambuco (classes de aquíferos)

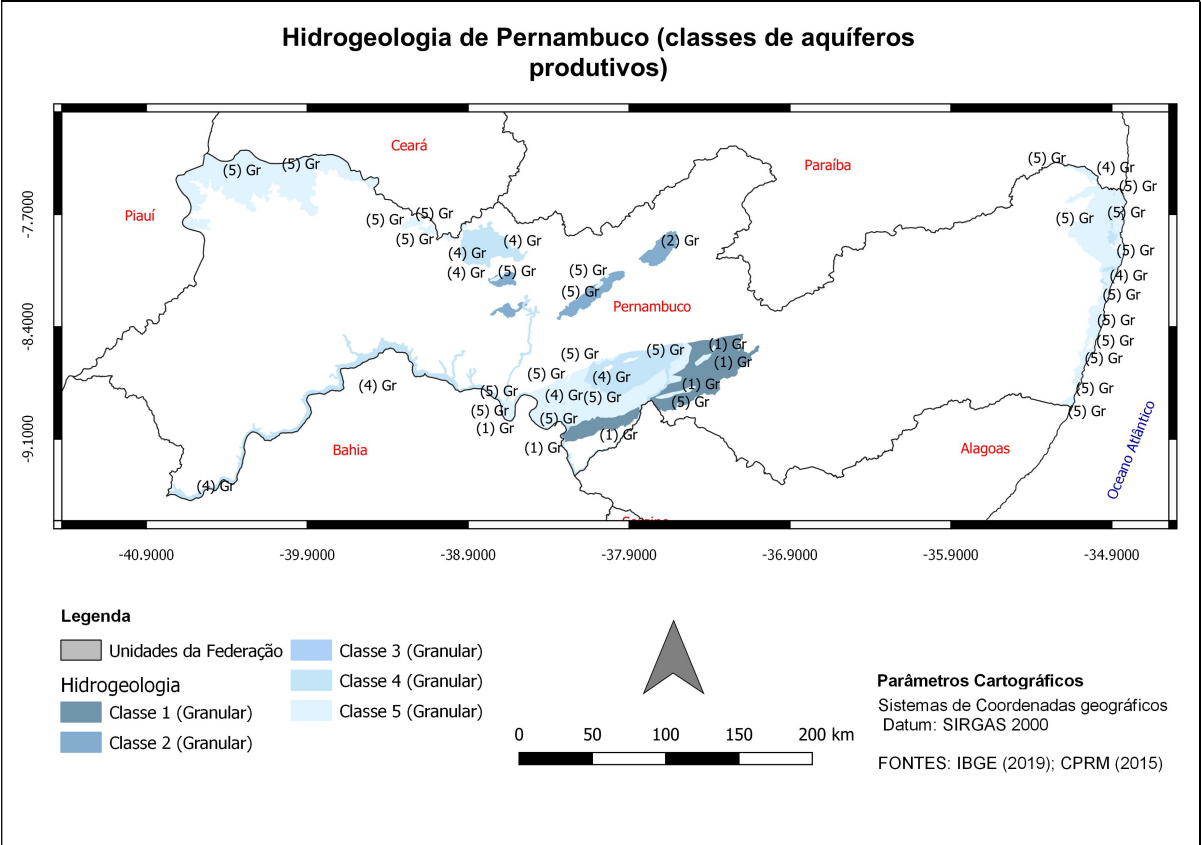


Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Ao realizarmos uma separação dos aquíferos de classe 1 a 4 (todos os domínios hidrolitológicos) e classe 5 (apenas domínio granular) (figura 21) com os zoneamentos de aquíferos (figura 22) estabelecidos por resoluções do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, pode-se inferir que existe uma necessidade de novos zoneamentos baseados nos critérios já existentes adotados pelas resoluções.

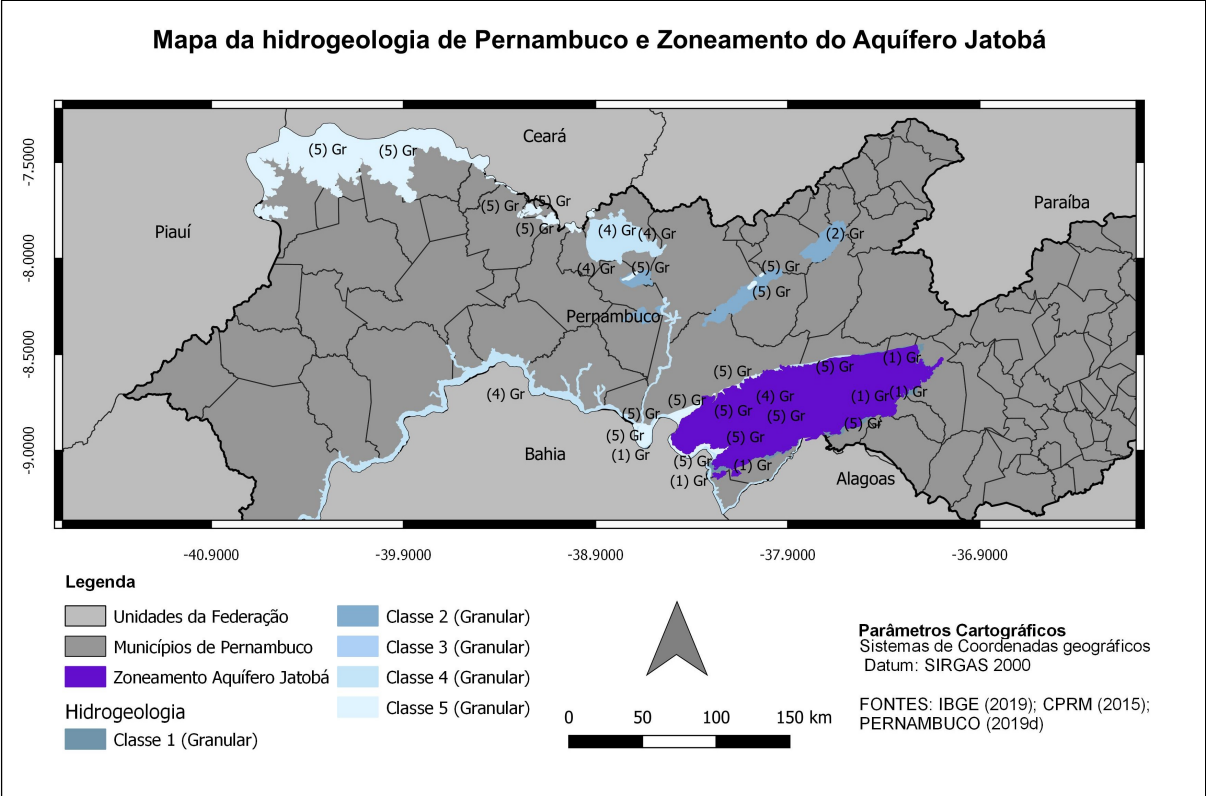
Embora não exista uma regra explícita a respeito destes suprimentos de água subterrânea, a menos que haja zoneamento conforme já apresentado anteriormente, a opção de incluir este plano de informação como possuindo uma relevância legal se dá pela possibilidade de expansão dos aquíferos protegidos, em especial no sertão do estado. Esta sugestão visa à manutenção dos sistemas hídricos e à proteção dos mananciais de atividades excessivamente predatórias com intuitos meramente financeiros, podendo primordialmente atender à premissa de priorização do abastecimento humano e a dessedentação dos animais em situações de escassez, legalmente prevista.

Figura 21 – Hidrogeologia de Pernambuco (classes de aquíferos produtivos)



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Figura 22 – Hidrogeologia de Pernambuco (aquíferos produtivos) e Zoneamento do Aquífero Jatobá



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

4.2.7 Municípios em situação de emergência devido à estiagem

A Lei Estadual n.º 12.984 de 2005 (PERNAMBUCO, 2005) prevê que em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos são o consumo humano e a dessedentação de animais. Entretanto, conforme pesquisa no portal eletrônico da Assembleia Legislativa de Pernambuco – Alepe, não há qualquer norma que já tenha declarado esta situação em Pernambuco nem regulamento que direcione a ação da fiscalização do uso dos recursos hídricos. Por outro lado, observa-se que periodicamente, o estado de Pernambuco decreta estado de emergência devido à estiagem que assola alguns de seus municípios, seguindo instruções normativas do Sistema Nacional de Defesa Civil que trata apenas de situação de emergência e estado de calamidade pública. A primeira publicação deste tipo data de maio de 2012, desde então, trinta e três (33) decretos do executivo declararam a situação de emergência devido à estiagem (Apêndice G), que normalmente possuem validade de 180 dias.

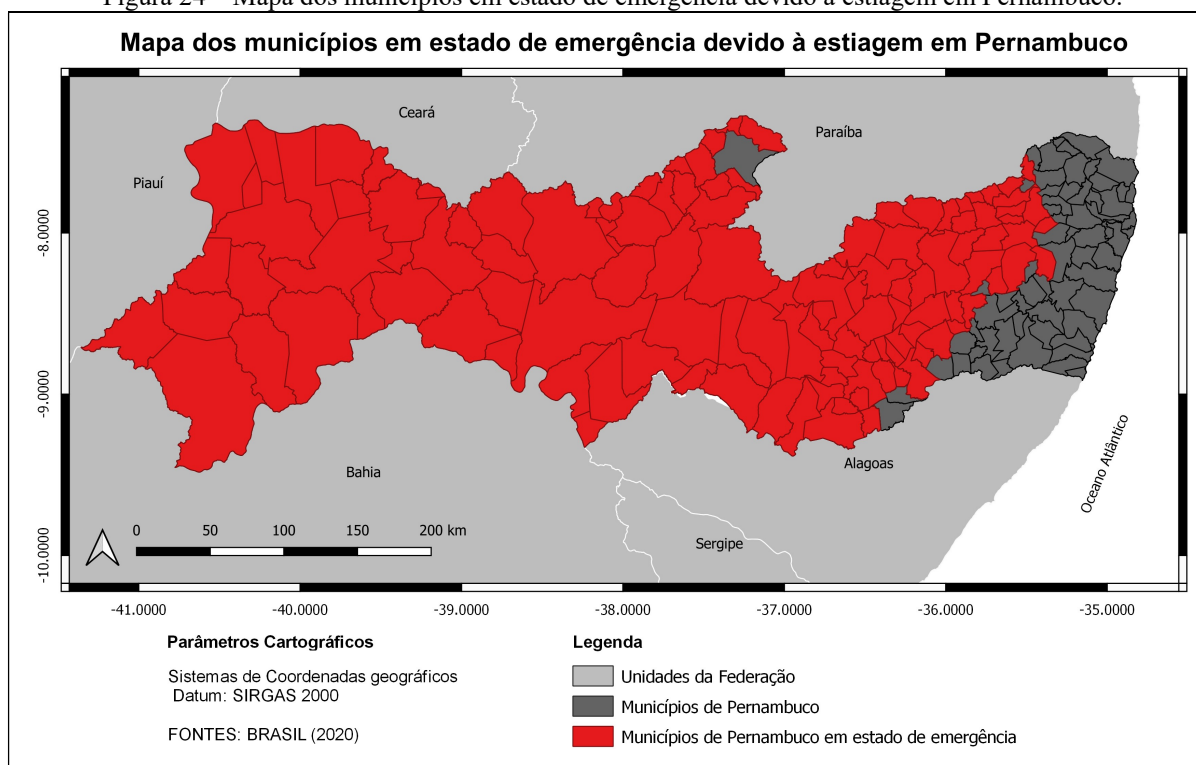
Além do ato do poder executivo, é possível que os municípios também declarem a situação de emergência. Em ambos os casos, é necessário o reconhecimento da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC), vinculada ao Ministério da Integração Nacional, assim, em consulta ao portal do Sistema Integrado de Informações Sobre Desastres, para o Estado de Pernambuco existem 120 reconhecimentos em vigor (Apêndice H).

O plano de informação gerado para estes municípios resultou da consulta aos reconhecimentos vigentes pela SEDEC (BRASIL, 2020), disponibilizada em formato de planilha eletrônica com os nomes dos municípios, que posteriormente foram associados à malha municipal já obtida junto ao IBGE, conforme resultado anteriormente apresentado.

Assim, os 120 municípios representam 65% do total de municípios do Estado, sendo que em área somam 87% do território com 84 mil km² de um total de 98 mil km² (figura 24).

Diante da inexistência de dispositivos complementares à situação de escassez legalmente prevista, optou-se por incluir esta informação geográfica neste projeto pela relevância do assunto, e assim suscitar o debate do ponto de vista da gestão do recurso hídrico nestes casos. É provável que a escassez de recursos hídricos seja consequência de diversos fatores, tais como a estiagem. Entretanto, se alguma destas causas da estiagem podem ser melhor geridas de forma a evitar a situação de escassez, sugere-se que o estado de emergência sirva de ponto de partida de discussão, por exemplo, quanto aos usos permitidos, antes que seja necessário restringir apenas para consumo humano e dessedentação de animais.

Figura 24 – Mapa dos municípios em estado de emergência devido à estiagem em Pernambuco.



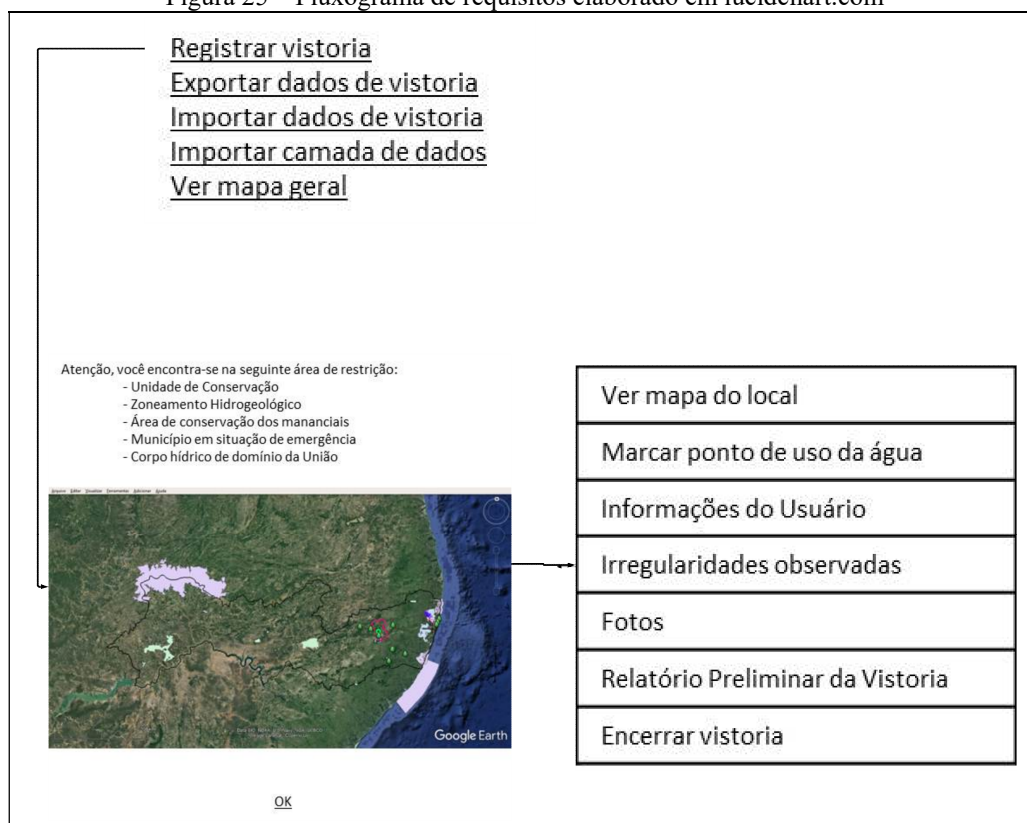
Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Diversos estudos apontam para cenários de mudanças no clima mundial, e a suscetibilidade à desertificação pode se agravar neste sentido (SILVA, H., 2009). Uma possibilidade de aplicação do SIGFIS é a incorporação de técnicas de sensoriamento remoto para realizar levantamentos de tais áreas e assim poder subsidiar a gestão destas áreas e a preservação dos recursos hídricos.

4.3 FLUXOGRAMA DOS REQUISITOS PARA O APLICATIVO MÓVEL SIGFIS

O fluxograma inicial foi elaborado na plataforma da *internet* <Lucidchart.com> que serviu para análise e discussão de equipe. Uma amostra deste fluxograma pode ser visualizada adiante (figura 25) e outros detalhes como documento apenso (Apêndice I). Todo o projeto elaborado nesta ferramenta encontra-se disponível para visualização pelo endereço eletrônico < <http://bit.ly/2T9g3yE> >, sendo necessário um cadastro inicial para acesso.

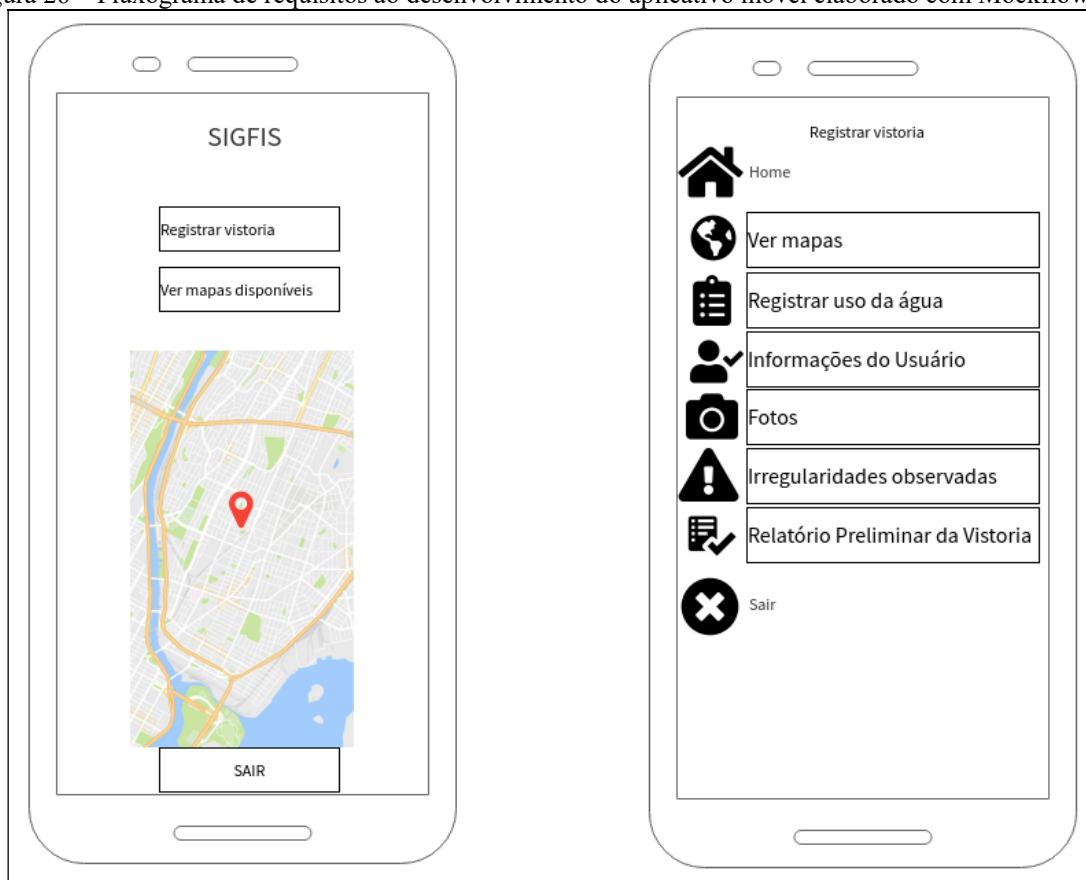
Figura 25 – Fluxograma de requisitos elaborado em lucidchart.com



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

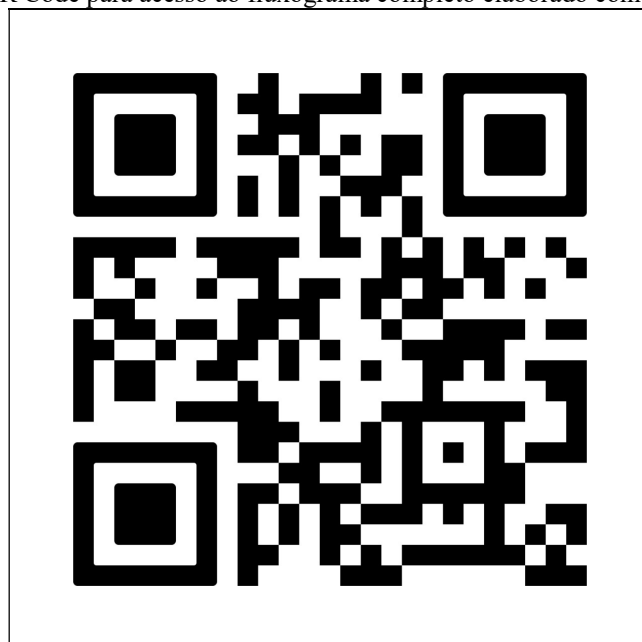
Após a apresentação da proposta inicial do fluxograma, verificou-se a necessidade de ajustar o projeto para manter apenas o perfil do agente fiscal, como forma de atender aos objetivos iniciais do aplicativo e para uma melhor verificação posterior para atender aos requisitos de acesso público, bem como por questões de restrição técnica no que se refere ao armazenamento do banco de dados disponível para o desenvolvimento. Como aprimoramento da proposta inicial, foi elaborado um segundo fluxograma já direcionado ao desenvolvimento do aplicativo móvel, por meio da plataforma eletrônica < Mockflow.com >, cuja diagramação se aproxima mais da estrutura de dispositivos móveis (figura 26). Outros detalhes sobre esta solução estão como documento apenso (Apêndice J) e uma versão completa com melhor visualização deste segundo fluxograma pode ser acessada por meio do endereço eletrônico <<http://bit.ly/35FSPCS>> ou pelo *QRcode* adiante (figura 27).

Figura 26 – Fluxograma de requisitos ao desenvolvimento do aplicativo móvel elaborado com Mockflow.com



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Figura 27 – QR Code para acesso ao fluxograma completo elaborado com Mockflow.com



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Ambas as ferramentas foram testadas em suas versões gratuitas que possuem limitações de funções. Porém foi verificado que são limites que não impõem restrições ao que

se pretende realizar com este projeto, resultando como opções satisfatórias para a diagramação.

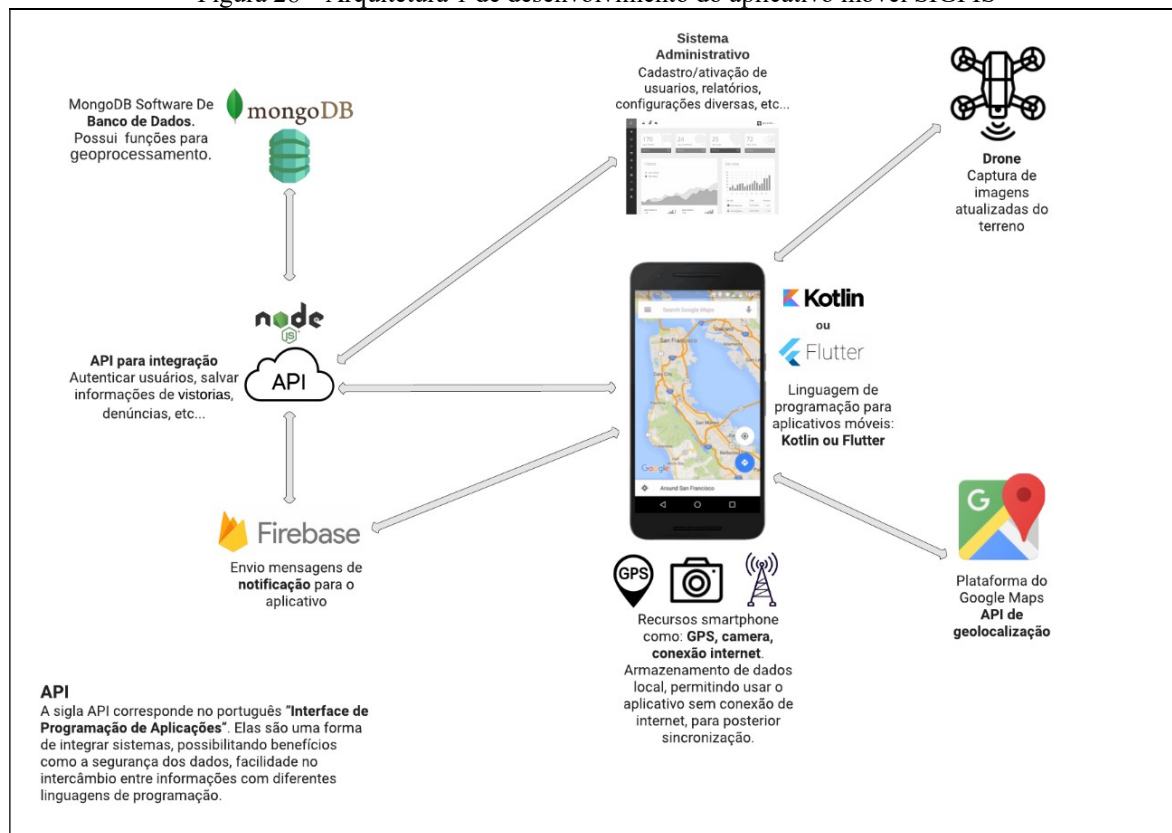
4.4 SOLUÇÃO TECNOLÓGICA PARA O SIGFIS

A equipe do Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, após o recebimento do fluxograma dos requisitos e das reuniões explicativas iniciais, verificou as soluções consideradas mais adequadas para o problema.

4.4.1 Diagrama de Recursos

Inicialmente foi apresentada a primeira arquitetura (figura 28) de desenvolvimento do aplicativo móvel ao Núcleo de Tecnologia da Informação da Apac (NTI/Apac), com as soluções tecnológicas propostas (Quadro 3).

Figura 28 – Arquitetura 1 de desenvolvimento do aplicativo móvel SIGFIS



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Quadro 3 – Soluções tecnológicas apresentadas à Apac

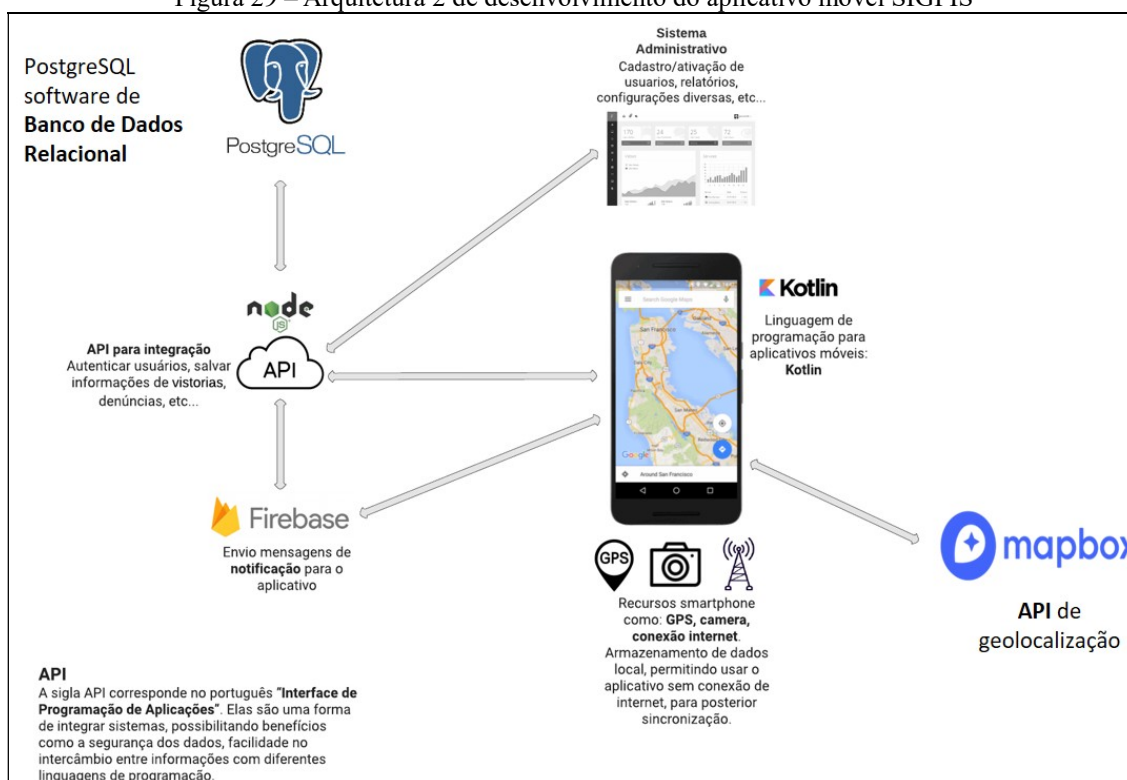
| | |
|--|-------------------|
| Banco de dados | MongoDB |
| API para integração | Node |
| Linguagem de programação do aplicativo móvel | Kotlin ou Flutter |
| API de geolocalização | Google Maps |

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Diante desta proposta inicial, o NTI/Apac solicitou que considerasse a alteração do banco de dados mongoDB para PostgreSQL e da API de geolocalização. Este último devido a questões legais junto à empresa Google. E o banco de dados, devido ao PostgreSQL ser mais utilizado pela instituição, considerando-se mais apropriado para soluções geográficas, além de ser um banco de dados relacional ao contrário do mongoDB que é não relacional e não há experiência da equipe com sua manutenção.

Diante disto, uma segunda arquitetura (figura 29) de desenvolvimento atendendo a estas considerações do NTI/Apac, adotando então novas soluções tecnológicas (quadro 4).

Figura 29 – Arquitetura 2 de desenvolvimento do aplicativo móvel SIGFIS



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Quadro 4 – Soluções tecnológicas adotadas no desenvolvimento

| | |
|--|------------|
| Banco de dados | PostgreSQL |
| API para integração | Node |
| Linguagem de programação do aplicativo móvel | Kotlin |
| API de geolocalização | Mapbox |

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

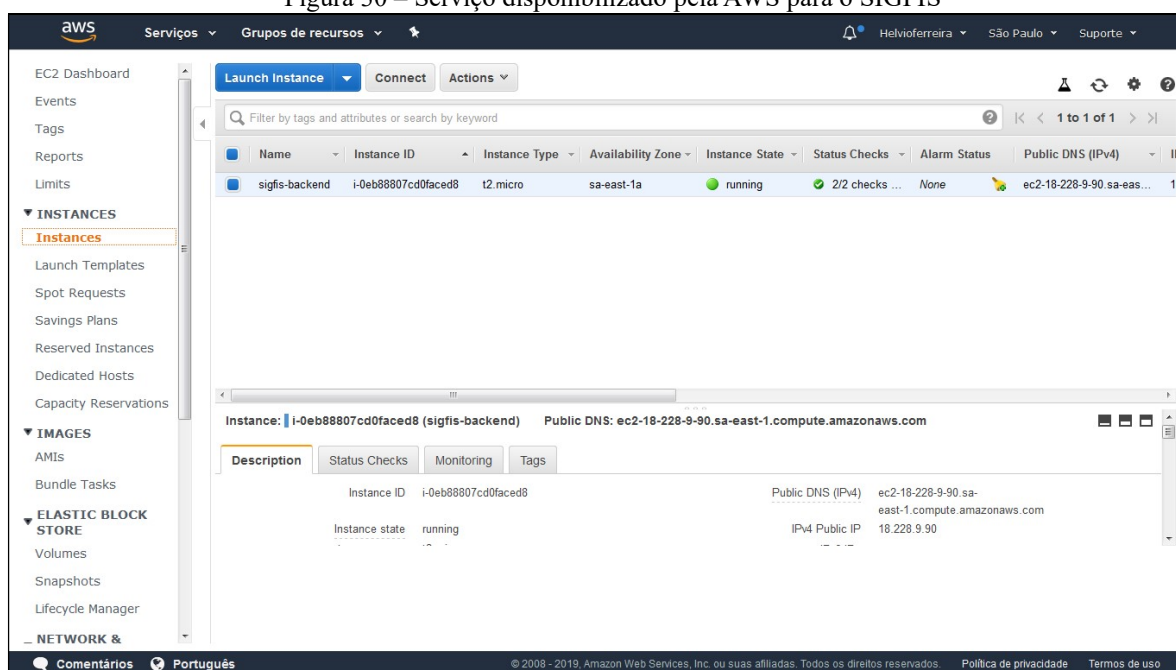
Como se vê o modelo de arquitetura 2 não contempla a integração com drone, por tentar buscar otimizar a solução com o que é praticado em campo, ou seja, no âmbito do projeto do mestrado, optou-se por não adentrar nesta solução pois neste momento a atividade da fiscalização não é praticada com estes equipamentos, porém fica a possibilidade de investigações futuras.

4.4.2 Servidor WEB: Amazon Web Services

A adoção de servidores em nuvens pode ser uma opção para o desenvolvimento de sistemas, quando se dispõe de poucos recursos materiais e humanos. Dentre algumas opções disponíveis, foi adotado o Amazon Web Services (AWS).

De acordo com o portal (<https://aws.amazon.com/pt/govcloud-us/faqs/>), a Amazon Web Services fornece atividades e negócios com infraestrutura de plataforma de serviços Web nas nuvens. Com a AWS só há pagamento para o que se usa, sendo considerado efetivo no custo benefício da entrega das aplicações. Sendo possível ainda aderir a serviços considerados gratuitos, que possuem limites de uso. O nível gratuito da AWS (figura 30) inclui 750 horas de instâncias t2.micro Linux e Windows por mês por um ano, sendo considerado o suficiente para o projeto.

Figura 30 – Serviço disponibilizado pela AWS para o SIGFIS



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Com a AWS é possível requerer computação, armazenamento e outros serviços, obtendo acesso a um conjunto seguro, expansível e flexível em infraestrutura de tecnologia da informação, à medida que haja demanda (AWS, 2019).

4.4.3 Linguagem de programação do aplicativo: KotlinTM

KotlinTM é uma linguagem de fonte aberta, cujo suporte é prestado pela empresa JetBrains. A primeira versão foi lançada em 2016 e atualmente permite programar em dois paradigmas de programação: orientada a objetos e funcional. Também é cem por cento compatível com a linguagem Java, possuindo inclusive conversor entre as linguagens. De acordo com os desenvolvedores tem várias aplicações em Android, Windows, Mac, Linux e outros, sendo suportada pelas principais IDEs².

Esta linguagem possui como pontos fortes ser estaticamente tipada, facilitando a identificação de erros, uma linguagem concisa sendo mais simples sua escrita, além de ser segura e interoperável com outros códigos através de importação.

4.4.4 API para Integração: NodeJS

Esta solução funciona como interface de comunicação entre o aplicativo móvel e o banco de dados, através da API desse sistema, por exemplo, o aplicativo solicita dados atualizados de fiscalizações para exibição no mapa, envia informações de fiscalizações para serem salvas no banco de dados, gera e envia relatórios, dentre outras possibilidades.

De acordo com Dayley (2014) o código NodeJS é uma estrutura baseada no interpretador de Java Script V8 desenvolvido pelo Google. Por ser uma linguagem baseada em Java Script, Syed (2014) a considera uma linguagem simples, mas extremamente flexível. Ainda, segundo Moraes (2018)

o NodeJS utiliza uma arquitetura orientada a eventos e um modelo I/O não bloqueante que faz com que seja leve e eficiente. Essas são características perfeitas para solucionar os problemas de intenso tráfego de rede e aplicações em tempo real, que são frequentemente os maiores desafios das aplicações web hoje em dia.

A instalação da API no AWS é possível de ser realizada pelo serviço Elastic Compute Cloud (EC2), tratando-se de máquinas virtuais disponíveis para serem utilizadas por demanda.

² IDE, do inglês Integrated Development Environment ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado

Na opção “Launch Instance” existem disponíveis máquinas gratuitamente tratadas como “Free tier eligible” (quadro 5).

Quadro 5 – Instâncias disponíveis na opção “Free tier eligible” pela AWS

| |
|-------------------------------------|
| Amazon Linux AMI 2018.03.0 |
| Red Hat Enterprise Linux 8 |
| SUSE Linux Enterprise Server 15 SPI |
| Ubuntu Server 18.04 LTS |
| Microsoft Windows Server 2019 Base |

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Optou-se pelo Ubuntu Server 18.04 LTS (quadro 6) que possui o protocolo TCP de segurança dos tipos SSH, HTTP e HTTPS.

Quadro 6 – Características da API Ubuntu Server 18.04 LTS da AWS

| |
|----------------------------------|
| 1 CPU |
| 1 GB de Memória de processamento |
| 8 GB de Memória de armazenamento |

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

4.4.5 Sistema gerenciador de banco de dados: PostgreSQL

De acordo com Milani (2008, p.25) o PostgreSQL é “utilizado para armazenar informações de soluções de informática em todas as áreas de negócios existentes, bem como administrar o acesso a estas informações”, e cita como algumas das vantagens do PostgreSQL a licença que permite livre utilização até para fins comerciais; tamanho ilimitado para banco de dados; a estabilidade projetada para execução 24 horas por dia 7 dias por semana; a possibilidade de conexão com diversas linguagens e plataformas, bem como suporte em diversos sistemas operacionais. O mesmo autor ainda compara a solução com outros dois sistemas gratuitos (MySQL e FirebirdSQL) e dois pagos (Microsoft SQL-Server e Oracle), já superando a questão de valores, o PostgreSQL é considerado como vantajoso em fatores como tempo de mercado, carregamento de banco de dados, replicação, uso de transações, segurança e ferramentas de administração, mesmo frente às versões pagas. Carvalho (2017), por sua vez reforça que a popularidade deste sistema tem a ver com “garantias de confiabilidade, melhores recursos de consulta, mais operação previsível”.

A AWS disponibiliza a solução de banco de dados relacional na nuvem Relational Database Service (RDS). O Amazon RDS está disponível em vários tipos de instância de

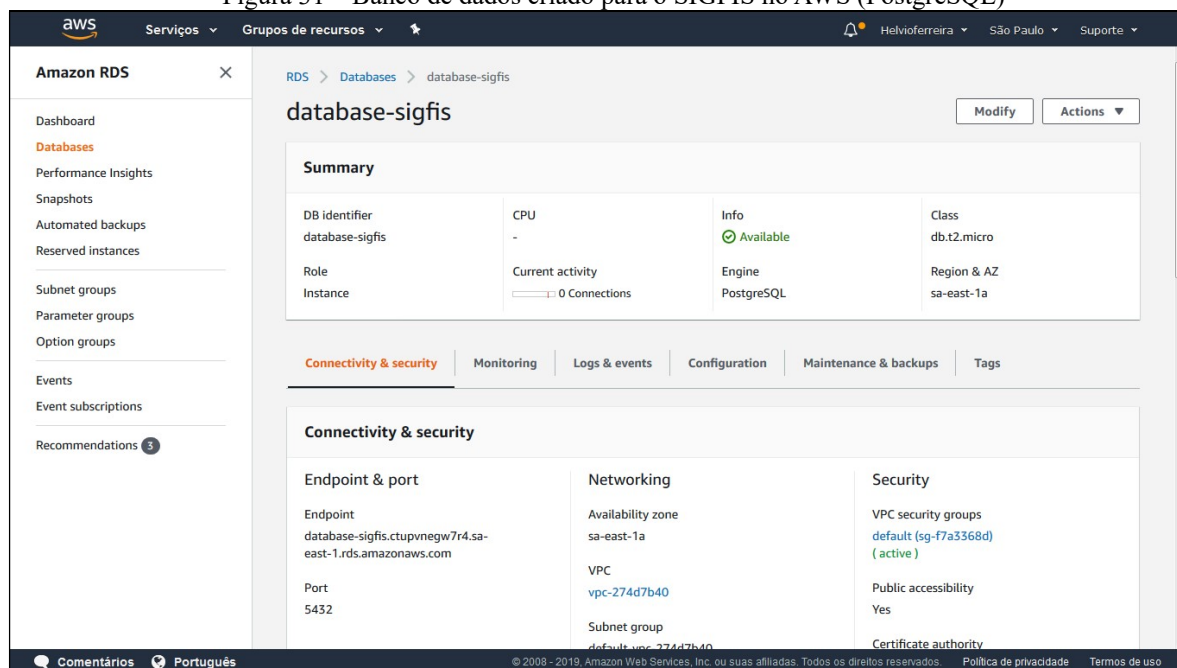
banco de dados, com otimização para memória, performance ou entrada e saída (leitura e escrita de dados) no hardware responsável por salvar informações, oferecendo ainda seis mecanismos de bancos de dados comuns, incluindo Amazon Aurora, PostgreSQL, MySQL, MariaDB, Oracle Database e SQL Server. Sendo optado pelo PostgreSQL (figura 30), versão 11.4-R1, também disponível em versão gratuita (quadro 7).

Quadro 7 – Características do banco de dados PostgreSQL disponibilizado pela AWS para o SIGFIS

| |
|-----------------------------------|
| 1 CPU |
| 1 GB de Memória de processamento |
| 20 GB de Memória de armazenamento |

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Figura 31 – Banco de dados criado para o SIGFIS no AWS (PostgreSQL)



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

4.4.6 API de geolocalização: Mapbox

A plataforma Mapbox (Mapbox, 2019) trata-se de uma plataforma de dados abertos e código-fonte aberto, contendo bibliotecas³ que permitem a interação dos mapas, em JavaScript quando acessado por navegadores da *internet* e por Android SDK em aplicativo. Os mapas base da Mapbox são alimentados com dados do OpenStreetMap, um mapa livre e editável do mundo (BOGGLE, 2012). De acordo com Mallon (2015) em revisão sobre

³ Do inglês “library”

visualização de dados, o Mapbox é considerado um recurso fácil de aprender e implementar e recomenda fortemente esta ferramenta para interessados em criar mapas básicos sem a necessidade de ter alto conhecimento em SIG. Com relação à customização, Cadenas (2014) afirma que o Mapbox foi a melhor opção, após testar diferentes ferramentas e plataformas para um projeto de visualização de múltiplos dados.

Apesar de ser de fonte aberta, a ferramenta não é totalmente gratuita, porém dispõe de uma série de soluções dentro de um plano gratuito (quadro 8).

Quadro 8 – Pacote de serviços disponíveis na opção gratuita do Mapbox

| | | | |
|------------------------|----------------------|--------------|----------------|
| Maps SDKs for Mobile | Monthly active users | Up to 25,000 | Cost per 1,000 |
| Map Loads for Web | Monthly loads | Up to 50,000 | Cost per 1,000 |
| Map Seats for Web | Monthly seats | Up to 3 | Cost per seat |
| Vision SDKs for Mobile | Monthly active users | Up to 50 | Cost per user |
| Maps SDK for Unity | Monthly active users | Up to 25,000 | Cost per 1,000 |

Fonte: Mapbox, 2019. <https://www.mapbox.com/pricing/>

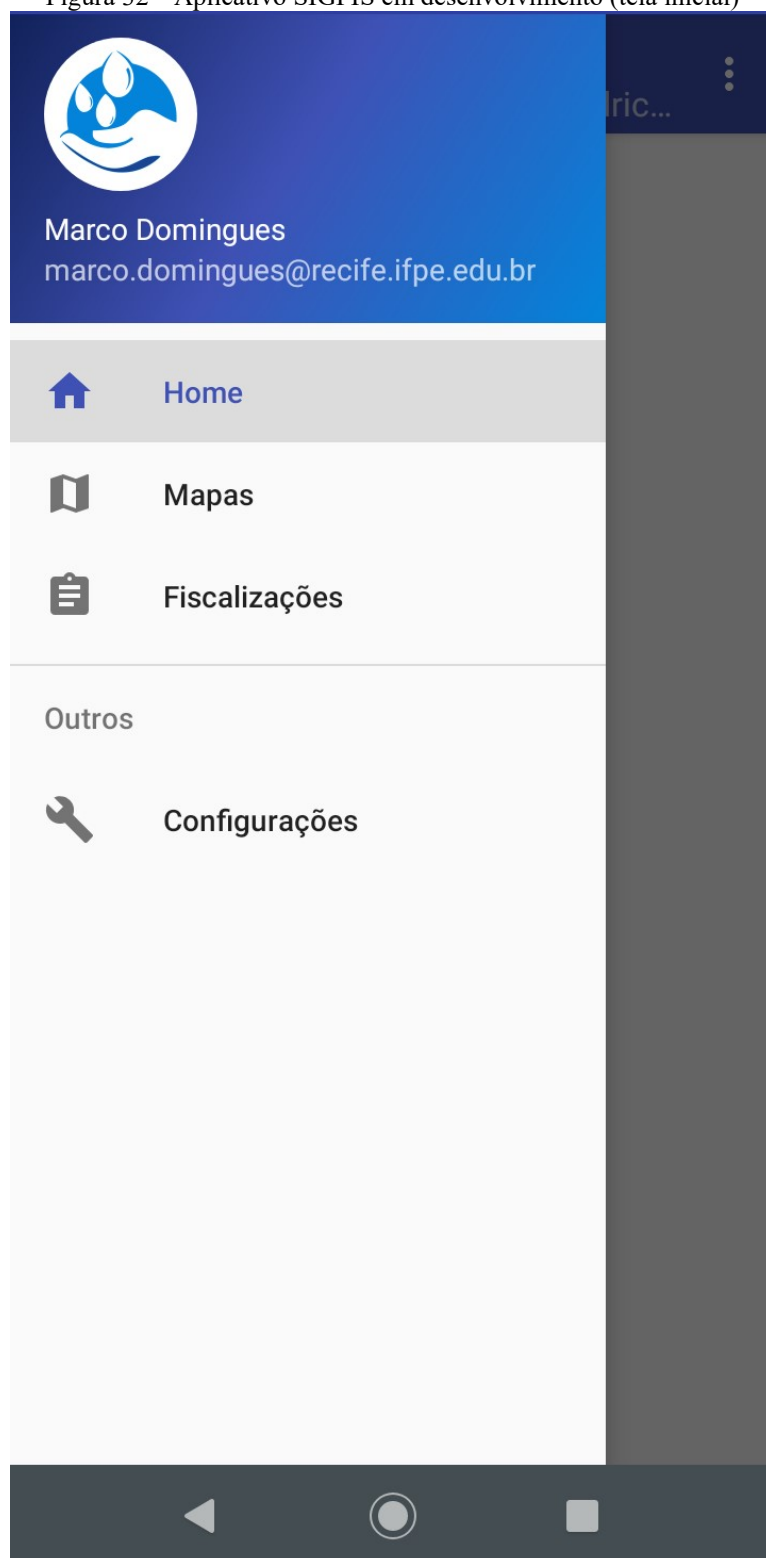
4.5 SIGFIS VERSÃO BETA

Observou-se que para representar ganhos e vantagens na prática da fiscalização do uso dos recursos hídricos, o SIGFIS necessita estar acessível aos agentes públicos no momento em que uma vistoria é realizada. Sendo assim, como sequência da modelagem desenvolvida para o SIG, foi possível obter uma versão preliminar de aplicativo móvel, ainda sem todas as funcionalidades por completo, entretanto demonstrando a possibilidade de vir a ser implantado.

Este protótipo do SIGFIS móvel (figuras 32 a 36) foi desenvolvido para melhor uso em sistemas operacionais Android, tanto por um melhor direcionamento ao projeto, como por ser um sistema operacional atualmente mais difundido, inclusive estando presente em dispositivos do tipo *tablet* à disposição da equipe de fiscalização da Apac.

Esta versão está atualmente disponível na plataforma de aplicativos disponibilizada pela *Google Play Store* com o título SIGFIS – Fiscalização de Recursos Hídricos, sendo disponibilizado adiante um *QRCode* (figura 37) como atalho para instalação do SIGFIS.

Figura 32 – Aplicativo SIGFIS em desenvolvimento (tela inicial)



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Figura 33 – Aplicativo SIGFIS em desenvolvimento (tela de geolocalização)



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Figura 34 – Aplicativo SIGFIS em desenvolvimento (tela de mapa disponibilizado pelo Mapbox)



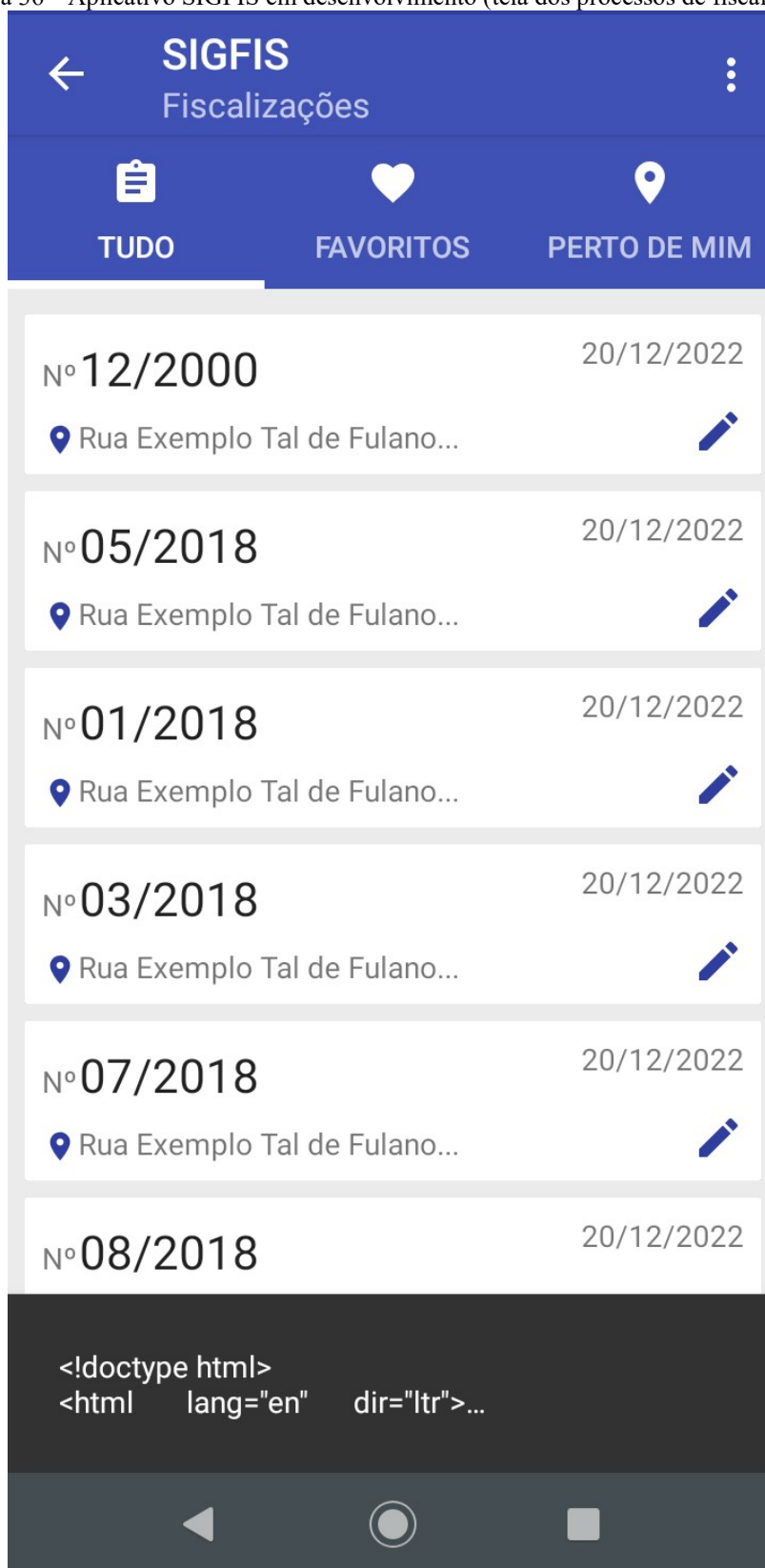
Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Figura 35 – Aplicativo SIGFIS em desenvolvimento (tela com opções de ativar os planos de informação)



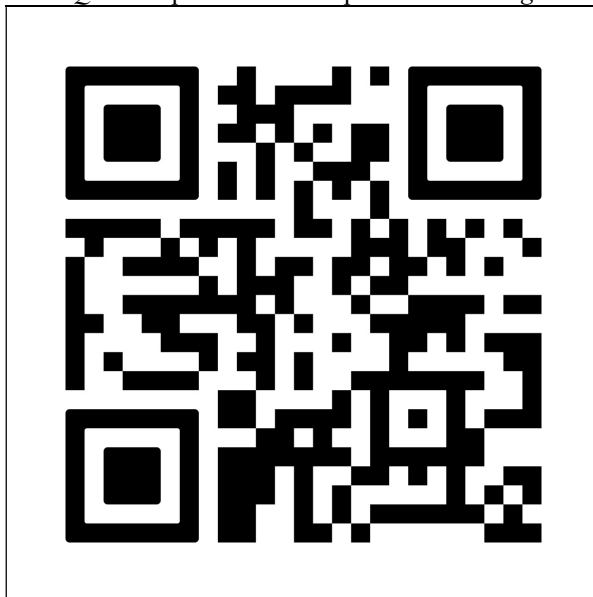
Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Figura 36 – Aplicativo SIGFIS em desenvolvimento (tela dos processos de fiscalização)



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Figura 37 – *QRCode* para acesso ao aplicativo na *Google PlayStore*



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

5 RECOMENDAÇÕES

Além dos planos de informação definidos, abrem-se possibilidades para que outros possam ser inseridos em uma proposta de continuação, tais como imagens de satélite, distribuição espacial de processos de outorga e nascentes de rios, por exemplo. Estes, apesar de não terem sido investigados requerem um esforço adicional de obtenção bem como uma estrutura maior de banco de dados. Caso necessário, as informações poderão integrar-se com outros bancos de dados, internos e externos, de relevância para os recursos hídricos, com relação aos os processos de outorga por exemplo, é possível a ampliação para o Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNDARH). As imagens de satélite, por outro lado, podem ser baseadas no recobrimento aerofotogramétrico e perfilamento a laser de todo o território pernambucano, conhecido como PE3D.

Diante da execução deste projeto, observa-se que a etapa da obtenção dos planos de informações definidos ainda possui alguns entraves institucionais, tais como um banco de dados consolidado e criterioso por parte da atividade da fiscalização pois, como foi visto um arquivo em formato de planilha eletrônica possui fragilidades e limitações que poderiam ser supridos caso existisse um sistema finalístico voltado ao registro dos processos administrativos e seus atributos.

É possível ainda o Estado aprimorar os planos de informação aqui trabalhados, com atualizações, revisões e uma possível elaboração de algum portal com a cartografia oficial do Estado, seguindo as normas vigentes, similar ao que é disponibilizado pela Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais. Foram observadas algumas possíveis falhas de vetorização, a exemplo dos limites traçados entre as bacias hidrográficas e o território pernambucano, que podem ser devido a épocas diferentes em que foram vetorizados, ou às escalas utilizadas, reforçando esta necessidade de atualização dos planos de informação. Os aprimoramentos cartográficos, especificamente sobre os recursos hídricos, podem vir pela unificação de informações de caráter estratégico como nos casos dos açudes que podem ser objeto de interesse da Política Nacional de Segurança de Barragens, assim como a própria reserva hídrica para as múltiplas atividades da sociedade. Com os cursos d'água há possibilidade de aglomerar dados de sazonalidade dos corpos d'água (efêmeros, intermitentes ou perenes), dentre outros que, por sua vez auxiliarão a integrar as políticas de recursos hídricos e de meio ambiente.

Do ponto de vista legal, são necessárias algumas regulamentações sobre restrições de uso dos recursos hídricos, em consonância com os planos de manejo ou objetivos das

unidades de conservação, por exemplo. Outros territórios relevantes, tais como as áreas de proteção dos mananciais da RMR ou municípios em situação de emergência devido à estiagem também carecem de melhor sintonia com os regulamentos da Política Estadual de Recursos Hídricos.

Espera-se que, com a elaboração do SIGFIS e aplicação do mesmo na atividade, a gestão dos recursos hídricos de domínio do Estado possa ser melhorada, em especial na previsão de integração com a gestão ambiental, pois, as fiscalizações terão maior precisão cartográfica no que se refere às Unidades de Conservação da Natureza e áreas de restrição de uso da água, tais como as Zonas de Proteção dos Mananciais da Região Metropolitana do Recife e o Zoneamento Hidrogeológico, ou mesmo municípios em situações decretadas como escassez. Algumas investigações futuras podem ser exploradas tais como o desenvolvimento de complementos dos softwares de geoprocessamento para análises espaciais dos planos de informação.

Para a continuidade do SIGFIS é necessário o investimento em recursos materiais e humanos por parte do poder executivo estadual. Observamos que quaisquer soluções que venham a ser adotadas para projetos como o SIGFIS necessitam de estar em consonância com departamento de tecnologia da informação da instituição, a fim de verificar se as soluções são praticáveis.

É possível realizar investigação mais detalhada sobre os custos financeiros que o aplicativo SIGFIS representa e qual o impacto econômico disto, onde alguns aspectos tais como a diminuição das idas a campo podem ser contempladas, uma vez que se pretende ter conhecimento territorial e melhor preenchimento dos autos e futuramente aplicar penalidades no local da irregularidade, já que algumas autuações são emitidas por via postal.

6 CONCLUSÃO

Diante dos resultados alcançados, considera-se que o projeto de desenvolvimento do SIGFIS atingiu seus objetivos com relação à definição, à obtenção e à padronização de planos de informações de interesse na integração entre a fiscalização de uso dos recursos hídricos, como instrumento da política estadual de recursos hídricos e a gestão ambiental, demonstrando a importância da informação geográfica na gestão de recursos hídricos.

A definição dos planos de informação proporcionará melhor conhecimento da cartografia e informações geográficas do território de Pernambuco, possibilitando consultar tais informações antes da ida a campo da equipe de fiscalização.

Com o SIGFIS em formato de aplicativo móvel estabelecido haverá maior agilidade no preenchimento das informações cadastrais, assim como será possível consultar os planos de informação já estabelecidos e atualizados previamente.

Assim, a fiscalização do uso dos recursos hídricos realizada em Pernambuco fortalece a Política Nacional de Recursos Hídricos, que tem na Apac a entidade estadual representante de sua execução.

REFERÊNCIAS

AGARWAL, R.; GARG, P. K.; GARG, R. D. Remote sensing and GIS based approach for identification of artificial recharge sites. **Water Resources Management**, [s.l.], v. 27, n. 7, p. 2671–2689. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11269-013-0310-7>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11269-013-0310-7>. Acesso em: 11 nov. 2018.

AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE (CPRH). **Sistema de Informações Geoambientais de Pernambuco: SIG-Caburé**. Recife: CPRH, 2014. Disponível em: <http://sigcabure.cprh.pe.gov.br/>. Acesso em: 31 maio 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **A Evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil / The Evolution of Water Resources Management in Brazil**. Brasília: ANA, 2002. 64 p.

_____. **Diagnóstico da outorga de direito de uso de recursos hídricos no Brasil, e, Fiscalização dos usos de recursos hídricos no Brasil**. CONEJO, João Gilberto Lotufo (superv.); VIANA, Francisco Lopes (coord.); FORATTINI, Gisela Damm. Brasília: ANA, 2007. 166 p. (Caderno de Recursos Hídricos, v. 4).

_____. **Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2013**. Brasília: ANA, 2013. Disponível em: <https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>. Acesso em: 20 mar. 2018.

ALMEIDA, R. A.; ROSA, D. R. Q.; FERREIRA, R. G.; DELAZARI, F. T.; ALMEIDA, I. A. Análise morfométrica de uma sub-bacia do rio Piracicaba (MG) utilizando sistemas de informação geográfica. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 372-380. 2017. DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v25i4.815>. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/732>. Acesso em: 10 nov. 2018.

ALVARADO, A.; ESTELLER, M. V.; QUENTIN, E.; EXPÓSITO, J. L. Multi-criteria decision analysis and GIS approach for prioritization of drinking water utilities protection based on their vulnerability to contamination. **Water Resources Management**, [s.l.], v. 30, n.4, p. 1549-1566. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11269-016-1239-4>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11269-016-1239-4>. Acesso em: 11 nov. 2018.

AMAZON WEB SERVICES (AWS). **Frequently Answered Questions**. 2019. Disponível em: <https://aws.amazon.com/pt/govcloud-us/faqs/>. Acesso em: 11 nov. 2019.

AMINU, Mansir; MATORI, Abdul-Nassir; YUSOF, Khamaruzaman Wan; MALAKAHMAD, Amirhossein; ZAINOL, Rosilawati Binti. A GIS-based water quality model for sustainable tourism planning of Bertam River in Cameron Highlands, Malaysia. **Environmental Earth Sciences**, [s.l.], v. 73, n.10, p. 6525–6537. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3873-6>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12665-014-3873-6>. Acesso em: 11 nov. 2018.

ANUGRAH, Wirdah; SURYONO, Suryono; SUSENO, Jatmiko Endro. Real-time geographic information system (GIS) for monitoring the area of potential water level using rule based system. **E3S Web of Conferences**, [s.l.], 2018. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183111019>. Disponível em: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2018/06/e3sconf_icenis2018_11019/e3sconf_icenis2018_11019.html. Acesso em: 11 nov. 2018.

AYENSU, Edward; CLAASEN, Daniel R. van; COLLINS, Mark; DEARING, Andrew; FRESCO, Louise; GADGIL, Madhav; GITAY, Habiba; GLASER, Gisbert; JUMA, Calestous; KREBS, John; LENTON, Roberto; LUBCHENCO, Jane; MCNEELY, Jeffrey A.; MOONEY, Harold A.; PINSTRUP-ANDERSEN Per; RAMOS, Mario; RAVEN, Peter; REID, Walter V.; SAMPER, Cristian; SARUKHÁN, José; SCHEI, Peter; TUNDISI, José Galízia; WATSON, Robert T.; GUANHUA, Xu; ZAKRI, A. H. International Ecosystem Assessment. **Science**, Washington, v. 286, n. 5440, p. 685-686, out. 1999.

BISWAS, A. K. Integrated water management: some international dimensions. **Journal of Hydrology**, [s.l.], v. 51, p. 369-380. 1981. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0022169481901451?via%3Dihub>. Acesso em: 07 jun. 2018.

BOGGLE, Bonnie. Make Web Maps with MapBox. **Geoinformatics**, Países Baixos, p 34-35, dez. 2012. ISSN 1387-0858.

BORGES, Renata Coura; SANTOS, Fábio Ventura dos; CALDAS, Vanessa Godoy; LAPA, Celso Marcelo Franklin. Use of geographic information system (GIS) in the characterization of the Cunha Canal, Rio de Janeiro, Brazil: effects of the urbanization on water quality. **Environmental Earth Sciences**, [s.l.], v. 73, n.3, p. 1345-1356. 2015. DOI: 10.1007/s12665-014-3493-1. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12665-014-3493-1>. Acesso em: 11 nov. 2018.

BOSQUILIA, Raoni Wainer Duarte; FIORIO, Peterson Ricardo; DUARTE, Sergio Nascimento; BARROS, Pedro Paulo da Silva. Diferentes imagens de satélite no mapeamento visual de drenagens e nascentes em amostras circulares. **Interciência**, Venezuela, v. 41, n.4, 254-259. 2016. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33944929006>. Acesso em: 11 nov. 2018.

BUTLER, Howard; DALY, Martin; DOYLE, Allan; GILLIES, Sean; HAGEN, Stefan; SCHAUB, Tim. The GeoJSON Format. **Internet Engineering Task Force (IETF)**. ISSN: 2070-1721. 28 p. 2016. Disponível em: <https://tools.ietf.org/html/rfc7946>. Acesso em: 18 set. 2019.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos [...]. Brasília, DF: Presidência da República, [1997]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso em: 04 abr. 2018.

_____. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. [...] institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [1997]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm. Acesso em: 10 jun. 2019.

_____. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – SEDEC. **Sistema Integrado de Informações Sobre Desastres: Relatório gerencial – reconhecimentos vigentes**. Brasília, DF: Ministério da Integração Nacional, 2020. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/paginas/relatorios/>. Acesso em: 11 jan. 2020.

CADENAS, Cecilia. **Geovisualization: integration and visualization of multiple datasets using Mapbox**. San Luis Obispo: California Polytechnic State University, 2014. Disponível em: <https://digitalcommons.calpoly.edu/cpesp/137/>. Acesso em: 11 nov. 2019.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu. Introdução: por que geoprocessamento?. *In*: CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira (ed.). **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. cap. 1.

CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. Conceitos básicos da ciência da geoinformação. *In*: CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira (ed.). **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. cap. 2.

CÂMARA, Gilberto; QUEIROZ, Gilberto Ribeiro de. Arquitetura de sistemas de informação geográfica. *In*: CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira (ed.). **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. cap. 3.

CAMPOS, José Nilson Bezerra. A gestão integrada dos recursos hídricos: uma perspectiva histórica. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, Salvador, v.1, n.1, p. 111-121. 2013. Disponível em: <https://portalseer.ufba.br/index.php/gesta/article/view/7109>. Acesso em: 8 out. 2018.

CARVALHO, Vinícius. **PostgreSQL: banco de dados para aplicações web modernas**. [S.l.]: Casa do Código, 2017. 204 p. ISBN:978-85-5519-255-5.

CHEN, Daoyi; SHAMS, Shahriar; CARMONA-MORENO, César; LEONE, Andrea. Assessment of open source GIS software for water resources management in developing countries. **Journal of Hydro-environment Research**, [s.l.], v. 4, n. 3, p. 253-264. 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1570644310000511>. Acesso em: 06 nov. 2018.

COELHO, V. H. R.; MONTENEGRO, S.; ALMEIDA, C. N.; SILVA, B. B.; OLIVEIRA, L. M.; GUSMÃO, A. C. V.; FREITAS, E. S.; MONTENEGRO, A. A. A. Alluvial groundwater recharge estimation in semi-arid environment using remotely sensed data. **Journal of Hydrology**, [s.l.], v. 548, p. 1-15, maio 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.02.054>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169417301336?via%3Dihub>. Acesso em: 11 nov. 2018.

COIMBRA, José de Ávila Aguiar. Linguagem e Percepção Ambiental. *In*: PHILLIPI JR, Arlindo (coord.). **Curso de Gestão Ambiental**. 2. ed. Barueri: Manole, 2014. cap. 15.

COMISSÃO ECONÔMICA PARA AMÉRICA LATINA E CARIBE (CEPAL). **Recomendaciones de las reuniones internacionales sobre el agua: de Mar del Plata a Paris.** Santiago: CEPAL, 1998. 87 p.

CORREA, Neilson Ferreira; RIBEIRO, Vinícius de Oliveira; MIOTO, Camila Leonardo; PARANHOS FILHO, Antonio Conceição. Obtenção de MDE corrigido para delimitação de bacia hidrográfica com auxílio de geotecnologias livres. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 40, n. 1, p. 217-225. 2017. DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2017_1_217_225. Disponível em: http://www.anuario.igeo.ufrj.br/2017_1/2017_01_217_225.pdf. Acesso em: 10 nov. 2018.

COSTA, Leticia Aparecida; BORASCHI, Rebeca Barbosa; SANTOS, Alessandra; RAMOS, Ana Paula Marques. Uso de sistema de informação geográfica para mapeamento de recursos hídricos – estudo de caso no Pontal do Paranapanema. **ANAP Brasil**, São Paulo, v. 8, n. 13, p. 23-37. 2015. Disponível em: https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/anap_brasil/article/view/1144. Acesso em: 13 jun. 2018.

DAWOUD, M. A. The development of integrated water resource information management system in arid regions. **Arabian Journal of Geosciences**, [s.l.], v. 6, p. 1601-1612. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12517-011-0449-6>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12517-011-0449-6>. Acesso em: 11 nov. 2018.

DAYLEY, Brad. **Node.js, MongoDB, and AngularJS web development**. New Jersey: Addison-Wesley Professional, 2014. 800 p.

DURAES, M. F.; MELLO, C. R.; BESKOW, S. Sediment yield in Paraopeba River Basin – MG, Brazil. **International Journal of River Basin Management**, [s.l.], v. 14, n. 4, p. 367-377. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/15715124.2016.1159571>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15715124.2016.1159571>. Acesso em: 11 nov. 2018.

FIDALGO, Elaine Cristina Cardoso. **Critérios para a análise de métodos e indicadores ambientais usados na etapa de diagnóstico de planejamentos ambientais**. 2003. 258 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

FIGUEIREDO, Daniela; MARQUES, Miguel; BAÍA, Sandra; ROCHA, Jorge. Modelo de Geomarketing para gestão das recolhas do IPST. **XV Coloquio Ibérico de Geografía**, Retos y tendencias de la Geografía Ibérica, Universidad Murcia, p. 1168-1176. 2016.

GLEICK, Peter H. Water and conflict: Fresh water resources and international security. **International Security**, Cambridge, v. 18, n. 1, p. 79-112, verão 1993. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/253903>. Acesso em: 16 jul. 2016

GONDIM, Joaquim; FIOREZE, Ana Paula; ALVES, Rodrigo Flecha Ferreira; SOUZA, Wesley Gabrieli de. A seca atual no Semiárido nordestino – Impactos sobre os recursos hídricos. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, v. 22, n. 44, p. 277-300. 2017. Disponível em: http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/856/784. Acesso em: 12 jan. 2020.

GOOGLE LLC. **Google Earth Pro**. 2019. Disponível em: <https://developer.android.com/>. Acesso em: 5 mar. 2019.

_____. **Android Operating System**. 2019. Disponível em: https://www.google.com.br/intl/pt-PT_ALL/earth/versions/. Acesso em: 18 nov. 2019.

GOONETILLEKE, Ashantha; VITHANAGE, Meththika. Water resources management: innovation and challenges in a changing world. **Water**, Basileia, v. 9, n. 4, p. 281-285. 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/w9040281>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/9/4/281>. Acesso em: 10 jun. 2018.

GRAÇA, João Paulo Barata da Rocha Gagliardini. **Avaliação das potencialidades e impactos dos sistemas de informação geográfica na gestão pública de recursos hídricos**. 2009. 162f. Dissertação (Mestrado em Inovação e Empreendedorismo Tecnológico) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2009.

GUIVANT, Júlia Silva; JACOBI, Pedro Roberto. Da hidro-técnica à hidro-política: novos rumos para a regulação e gestão dos riscos ambientais no Brasil. **Cadernos de Pesquisa Interdisciplinar em Ciências Humanas**, Florianópolis, v. 4, n. 43, p. 2-26, jan. 2003. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/cadernosdepesquisa/article/view/1950>. Acesso em: 03 jun. 2018.

HAMADA, Emília; GONÇALVES, Renata Ribeiro do Valle. **Introdução ao geoprocessamento**: princípios básicos e aplicação. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2007. 52 p. (Embrapa Meio Ambiente, n. 67)

INFRAESTRUTURA NACIONAL DE DADOS ESPACIAIS (INDE). **Visualizador de mapas da INDE**. Brasília: CONCAR, 2019. Disponível em: <https://visualizador.inde.gov.br/>. Acesso em: 25 ago. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Resolução nº 01 de 25 de fevereiro de 2005**. Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro. Rio de Janeiro: IBGE, 2005. Disponível em: http://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/rpr_01_25fev2005.pdf. Acesso em: 28 jul. 2019.

_____. **Resolução nº 01 de 24 de fevereiro de 2015**. Define a data de término do período de transição definido na RPR 01/2005 e dá outras providências sobre a transformação entre os referenciais geodésicos adotados no Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/rpr_01_2015_sirgas2000.pdf. Acesso em: 28 jul. 2019.

_____. **Pernambuco - Malha municipal 2018**. Escala 1:250.000. Disponível em: <https://portaldemapas.ibge.gov.br/porta.php#mapa222144>. 2019. Acesso em: 07 jul. 2019.

IORIS, Antônio. Desenvolvimento nacional e gestão de recursos hídricos no Brasil. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, Coimbra, n. 85, p. 23-41, jun. 2009. Disponível em: <https://journals.openedition.org/rccs/329>. Acesso em: 03 jun. 2018.

JEIHOUNI, Mehrdad; TOOMANIAN, Ara; ALAVIPANAH, Seyed Kazem; HAMZEH, Saeid; PILESJÖ, Petter. Long term groundwater balance and water quality monitoring in the eastern plains of Urmia Lake, Iran: a novel GIS based low cost approach. **Journal of African Earth Sciences**, [s.l.], v. 147, p. 11–19, nov. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1464343X18301717?via%3Dihub>. Acesso em: 11 nov. 2018.

KANG, S. H. GIS-based sediment transport in Asian monsoon region. **Environmental Earth Sciences**, [s.l.], v. 73, p. 221-230. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3414-3>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12665-014-3414-3>. Acesso em: 11 nov. 2018.

KHADSE, G. K.; VIJAY, R.; LABHASETWAR, P. K. Prioritization of catchments based on soil erosion using remote sensing and GIS. **Environmental and monitoring assessment**, [s.l.], v. 187, n.6, jun. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4545-z>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10661-015-4545-z>. Acesso em: 11 nov. 2018.

KHANDAY, M. Y.; JAVED, A. Prioritization of sub-watersheds for conservation measures in a semi arid watershed using remote sensing and GIS. **Journal of the Geological Society of India**, [s.l.], v. 88, n. 2, p. 185-196, ago. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12594-016-0477-7>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12594-016-0477-7>. Acesso em: 11 nov. 2018.

KOURGIALAS, N. N.; KARATZAS, G. P.; KOUBOURIS, G. C. A GIS policy approach for assessing the effect of fertilizers on the quality of drinking and irrigation water and wellhead protection zones (Crete, Greece). **Journal of Environmental Management**, [s.l.], v. 189, p. 150-159. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.12.038>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479716310179?via%3Dihub>. Acesso em: 04 nov. 2018.

LUIJTEN, J. C.; KNAPP, E. B.; SANZ, S. I.; JONES, J. W. A role for GIS-based simulation for empowering local stakeholders in water resources negotiations in developing countries: case studies for two rural hillside watersheds in Honduras and Colombia. **Water Policy**, Londres, v. 5, n. 3, p. 213–236. 2003. Disponível em: <https://iwaponline.com/wp/article-abstract/5/3/213/19571/A-role-for-GIS-based-simulation-for-empowering?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 13 jun. 2018

MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito Ambiental Brasileiro**. 15. ed. São Paulo: Malheiros Editores, 2007. 1111 p. ISBN 978-85-7420-806-0

MAHMOUD, S.H. Investigation of rainfall–runoff modeling for Egypt by using remote sensing and GIS integration. **Catena**, [s.l.], v. 120, p. 111-121, set. 2014a. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2014.04.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S034181621400109X?via%3Dihub>. Acesso em: 11 nov. 2018.

MAHMOUD, S. H. Delineation of potential sites for groundwater recharge using a GIS-based decision support system. **Environmental Earth Sciences**, [s.l.], v. 72, n. 9, p. 3429–3442, nov. 2014b. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3249-y>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12665-014-3249-y>. Acesso em: 11 nov. 2018.

MALLON, Melissa. Data Visualization. **Public Services Quarterly**, [s.l.], v. 11, n. 3, p. 183-192. 2015. DOI: 10.1080/15228959.2015.1060147. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15228959.2015.1060147>. Acesso em: 11 nov. 2019.

MAPBOX Inc. **Mapbox API**. 2019. Disponível em: <https://docs.mapbox.com/api/>. Acesso em: 13 nov. 2019.

MARTINS, Eduardo Sávio Passos; MAGALHÃES, Antonio Rocha; FONTENELE, Diógenes. A seca plurianual de 2010-2017 no Nordeste e seus impactos. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, v. 22, n. 44, p. 17-40. 2017. Disponível em: http://200.130.27.16/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/844/772. Acesso em: 12 jan. 2020.

MEIJER, A. Geographical information systems and public accountability. **Information Polity**, [s.l.], v. 7, n. 1, p. 39-47. 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/262206827_Geographical_information_systems_and_public_accountability. Acesso em: 14 jun. 2018.

MILANI, André. **PostgreSQL: guia do programador**. São Paulo: Novatec, 2008. 392p.

MOODY, Rebecca; AST, Jacko A.van. Implementation of GIS-Based applications in water governance. **Water Resources Management**, [s.l.], v. 26, n. 2, p. 517-529, jan. 2012. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11269-011-9929-4>. Acesso em: 15 jun. 2018.

MORAES, William Bruno. **Construindo aplicações com NodeJS**. 2, ed. São Paulo: Novatec, 2018. 216p.

MORSE, ROY W. Water resources policy. **American Journal of Public Health**, Washington, v. 47, n. 4, p. 452-458, abr. 1957. Disponível em: https://ajph.aphapublications.org/doi/10.2105/AJPH.47.4_Pt_1.452. Acesso em: 31 maio 2018.

MUÑOZ, Héctor Raul (org.). **Interfaces da gestão de recursos hídricos: desafios da lei de águas em 1997**. 2. ed. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 2000. 421 p.

MUNIR, B. A.; IQBAL, J. Flash flood water management practices in Dera Ghazi Khan City (Pakistan): a remote sensing and GIS prospective. **Natural Hazards**, [s.l.], v. 81, n. 2, p. 1303-1321. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-015-2136-5>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11069-015-2136-5>. Acesso em: 11 nov. 2018.

OIKONOMIDIS, D., DIMOGIANNI, S., KAZAKIS, N., VOUDOURIS, K., 2015. A GIS/Remote Sensing-based methodology for groundwater potentiality assessment in Tirnavos area, Greece. **Journal of Hydrology**, [s.l.], v. 525, p. 197-208. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.03.056>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169415002279?via%3Dihub>. Acesso em: 04 nov. 2018.

PERNAMBUCO (Estado). **Lei nº 9.860, de 12 de agosto de 1986**. Delimita as áreas de proteção dos mananciais de interesse da Região Metropolitana do Recife, e estabelece condições para a preservação dos recursos hídricos. Recife: Assembleia Legislativa de Pernambuco, 1986. Disponível em: <http://legis.alepe.pe.gov.br/texto.aspx?id=2722&tipo=TEXTORIGINAL>. Acesso em: 04 jun. 2018.

_____. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. **Plano Estadual de Recursos Hídricos**, v. 1, 1998.

_____. Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CRH). **Resolução CRH nº 04 de 2003**. Aprova o Mapa de Zoneamento Explotável de Águas Subterrâneas na Região Metropolitana do Recife do Estudo HIDROREC II – Estudo Hidrogeológico do Recife, Olinda, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes. Recife: Conselho Estadual de Recursos Hídricos, 2003.

_____. **Lei nº 12.984, de 30 de dezembro de 2005**. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Recife: Assembleia Legislativa de Pernambuco, 2005. Disponível em: <http://legis.alepe.pe.gov.br/texto.aspx?id=4223&tipo=TEXTATUALIZADO>. Acesso em: 04 jun. 2018.

_____. Secretaria de Recursos Hídricos. **Atlas de Bacias Hidrográficas**. 2006. CD-ROM

_____. **Lei nº 13.787, de 8 de junho de 2009**. Institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação da Natureza – SEUC, no âmbito do Estado de Pernambuco, e dá outras providências. Recife: Assembleia Legislativa de Pernambuco, 2009. Disponível em: <http://legis.alepe.pe.gov.br/Paginas/texto.aspx?id=4321&tipo=>. Acesso em: 10 jun. 2018.

_____. **Lei nº 14.028, de 26 de março de 2010**. Cria a Agência Pernambucana de Águas e Clima – Apac, e dá outras providências. Recife: Assembleia Legislativa de Pernambuco, 2010. Disponível em: <http://legis.alepe.pe.gov.br/Paginas/texto.aspx?id=608&tipo=>. Acesso em: 10 out. 2017.

_____. **Decreto nº 38.752, de 22 de outubro de 2012**. Estabelece procedimentos administrativos de fiscalização do uso de recursos hídricos no Estado de Pernambuco, e dá outras providências. Recife: Assembleia Legislativa de Pernambuco, 2012. Disponível em: <http://legis.alepe.pe.gov.br/Paginas/texto.aspx?id=16290>. Acesso em: 10 out. 2017.

_____. **Decreto nº 47.557, de 5 de junho de 2019**. Cria o Refúgio de Vida Silvestre Serra do Giz, localizado nos Municípios de Afogados da Ingazeira e de Carnaíba, neste Estado. Recife: Assembleia Legislativa de Pernambuco, 2019a. Disponível em: <http://legis.alepe.pe.gov.br/Paginas/texto.aspx?id=45994>. Acesso em: 06 jun. 2019.

_____. **Decreto nº 47.558, de 5 de junho de 2019**. Cria o Refúgio de Vida Silvestre Serras Caatingueiras localizado nos Municípios de Salgueiro e Cabrobó, neste Estado. Recife: Assembleia Legislativa de Pernambuco, 2019b. Disponível em: <http://legis.alepe.pe.gov.br/Paginas/texto.aspx?id=45993>. Acesso em: 06 jun. 2019

_____. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Resolução CRH nº 01, de 14 de março de 2019. Dispõe sobre o Zoneamento para Exploração dos Aquíferos da Região Metropolitana do Recife (RMR). **Diário Oficial [do] Estado de Pernambuco**: Recife, PE, ano 96, n. 100, p. 29. 29 maio 2019c.

_____. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Resolução CRH nº 02, de 14 de março de 2019. Dispõe sobre a exploração das águas subterrâneas na Bacia Sedimentar do Jatobá. **Diário Oficial [do] Estado de Pernambuco**: Recife, PE, ano 96, n. 100, p. 29-30, 29 maio 2019d.

PIRES, José Salatiel Rodrigues; SANTOS, José Eduardo; DEL PRETTE, Marcos Estevan. A Utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica para a Conservação dos Recursos Naturais. In: SCHIAVETTI, Alexandre; CAMARGO, Antonio Fernando Monteiro (org.). **Conceitos de bacias hidrográficas**: teorias e aplicações. 2 ed. Ilhéus: UESC, 2008. p. 17–35.

PORTO, Monica; KELMAN, Jerson. Water resources policy in Brazil. **Rivers – Studies in the Science Environmental Policy and Law of Instream Flow**, v. 7, n. 3, p. 250-257. 2000.

PORTO, Monica F. A.; PORTO, Rubem La Laina. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 43-60. 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200004&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 13 jul. 2016.

PORTO, Monica; PORTO, Rubem La Laina; AZEVEDO, Luiz Gabriel T. A participatory approach to watershed management: the Brazilian system. **Journal Of The American Water Resources Association**, [s.l.], v. 354, n. 3, p. 675-683, jun. 1999. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1752-1688.1999.tb03623.x>. Acesso em: 13 jul. 2016.

PRADO, R. B.; NOVO, E. M. L. M. Modeling pollution potential input from the drainage basin into Barra Bonita reservoir, São Paulo – Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, [s.l.], v. 75, p. 314-323. 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842015000200010&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 11 nov. 2018.

QGIS Development Team. **QGIS Geographic Information System**. Versão 3.4: Madeira. [s.l.]: Open Source Geospatial Foundation Project, 2018. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>. Acesso em: 30 maio 2019.

RAUBER, D., CRUZ, J.C., 2013. Gestão de recursos hídricos: uma abordagem sobre os comitês de bacia hidrográfica. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, [s.l.], v. 34, p. 123-140. Disponível em: <http://www.ipardes.pr.gov.br/ojs/index.php/revistaparanaense/article/view/640/867>. Acesso em: 13 nov. 2018.

REBELLO, Aiuri. Seca de 2012 a 2017 no semiárido foi a mais longa na história do Brasil. **UOL**, São Paulo, Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/meio-ambiente/ultimas-noticias/redacao/2018/03/03/seca-de-2012-a-2017-no-semiarido-foi-a-mais-longa-da-historia.htm>. Acesso em: 12 jan. 2020.

RIBEIRO, Wagner Costa. **Geografia Política da Água**. São Paulo: Annablume, 2008. 162 p.

SAHOO, S.; JHA, M. K.; KUMAR, N.; CHOWDARY, V. M. Evaluation of GIS-based multicriteria decision analysis and probabilistic modeling for exploring groundwater prospects. **Environmental Earth Sciences**, [s.l.], v. 74, n. 3, p. 2223–2246. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12665-015-4213-1>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12665-015-4213-1>. Acesso em: 11 nov. 2018.

SANTOS, Rozely Ferreira dos. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). **Atlas Hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo**. 2015. 1:1.000.000. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Atlas-Hidrogeologico-do-Brasil-ao-Milionesimo-4267.html>. Acesso em: 14 jan. 2020.

SILVA, Andréa Pereira; SILVA, Cleomácio Miguel. Planejamento ambiental para bacias hidrográficas: convergências e desafios na bacia do rio Capibaribe, em Pernambuco-Brasil. **Holos**, Natal, v. 1, p. 20-40, jan. 2014. Disponível em: <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1734>. Acesso em: 07 jun. 2018.

SILVA, Hernande Pereira. **Mapeamento das áreas sob risco de desertificação no semi-árido de Pernambuco a partir de imagens de satélites**. 2009. 153 f. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

SILVA, José Augusto Ferreira; REIS, Cláudio Henrique. Sistema de informações sobre recursos hídricos no Brasil. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamago**, Campos dos Goytacazes, v. 4, n. 2, p. 139-153, jul./dez. 2010. Disponível em: <http://pesquisadores.uff.br/academic-production/sistema-de-informa%C3%A7%C3%B5es-sobre-recursos-h%C3%ADdricos-no-brasil>. Acesso em: 10 nov. 2018.

SILVA, M. B.; HERREROS, M. M. A. G.; BORGES, F. Q. Gestão integrada dos recursos hídricos como política de gerenciamento das águas no Brasil. **Revista de Administração da UFSM. Brazilian Journal of Management**, Santa Maria, v. 10, p. 101-115. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1983465913358>. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reaufsm/article/view/13358>. Acesso em: 09 jun. 2018.

SILVA, Ramon Felipe Bicudo da; NOSSACK, Fabio Ávila; SARTORI, Anderson Antônio da Conceição; ZIMBACK, Célia Regina Lopes; MORAES, Pedro Ivo de. Geoinformação na gestão dos recursos hídricos em sub-bacia hidrográfica. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 1, p. 93-103, jan./mar. 2011. Disponível em: <http://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/194>. Acesso em: 04 nov. 2018.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE (SUDENE). **Catálogo das cartas topográficas do Nordeste do Brasil escala 1:100.000**. 2ª. ed. Recife: Sudene, 1997. 275 p.

SYED, Basarat Ali. **Beginning Node.js**. Berkeley, CA: Apress, 2014. 308p.

THEOBALD, David M. Understanding Topology and Shapefiles. **ArcUser**, v. 4, n. 1, abr./jun. 2001. Disponível em: <https://www.esri.com/news/arcuser/0401/apjn2001.html>. Acesso em: 29 set. 2019.

TIWARI, A. K.; DE MAIO, M.; SING, P. K.; MAHAT, M. K. Evaluation of surface water quality by using GIS and a heavy metal pollution index (HPI) model in a coal mining area, India. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, [s.l.], v. 95, p. 304-310. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00128-015-1558-9>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00128-015-1558-9>. Acesso em: 11 nov. 2018.

TOLEDO, C. E.; ARAÚJO, J. C.; ALMEIDA, C. L. The use of remote-sensing techniques to monitor dense reservoir networks in the Brazilian semiarid region. **International Journal of Remote Sensing**, [s.l.], v. 35, n. 10, p. 3683-3699. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2014.915593>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01431161.2014.915593>. Acesso em: 11 nov. 2018.

TUCCI, Carlos E. M.; HESPANHOL, Ivanildo; CORDEIRO NETTO, Oscar de M. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001. 156p.

TUNDISI, José Galizia. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 55, n. 4, dez. 2003. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000400018&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 13 jul. 2016.

VICENTE, Luiz Eduardo. **Geoprocessamento aplicado a gestão territorial**: uma proposta de abordagem sistêmica para o meio urbano de Presidente Prudente. 2001. 108 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2001.

VILLINES, J. A.; AGOURIDIS, C. T.; WARNER, R. C.; BARTON, C. D. Using GIS to delineate headwater stream origins in the Appalachian Coalfields of Kentucky. **Journal of The American Water Resources Association**, [s.l.], v. 51, p. 1667-1687. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/1752-1688.12350>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1752-1688.12350>. Acesso em: 11 nov. 2018.

WOLKMER, Maria de Fátima; PIMMEL, Nicole Freiburger. Política nacional de recursos hídricos: governança da água e cidadania ambiental. **Seqüência: Estudos Jurídicos e Políticos**, Florianópolis, p. 165-198, dez. 2013. DOI: <https://doi.org/10.5007/2177-7055.2013v34n67p165>. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/sequencia/article/view/30850>. Acesso em: 08 out. 2018.

XIA, J.; NING, L.; WANG, Q.; CHEN, J.; WAN, L.; HONG, S. Vulnerability of and risk to water resources in arid and semi-arid regions of West China under a scenario of climate change. **Climatic Change**, [s.l.], v. 144, p. 549-563. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1709-y>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10584-016-1709-y>. Acesso em: 04 nov. 2018.

YAZIDI, A.; SAIDI, S.; MBAREK, N.B; DARRAGI, F. Contribution of GIS to evaluate surface water pollution by heavy metals: Case of Ichkeul Lake (Northern Tunisia). **Journal of African Earth**, [s.l.], v. 134, p. 166-173. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1464343X17302650?via%3Dihub>. Acesso em: 11 nov. 2018.

ZHANG, S., PAN, B. An urban storm-inundation simulation method based on GIS. **Journal of Hydrology**, [s.l.], v. 517, p. 260-268. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.05.044>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169414004089?via%3Dihub>. Acesso em: 10 nov. 2018.

APÊNDICE A – Planilha de gerenciamento

| No | Descrição | 100.00% | Prazo |
|------------|---|----------------|-------------------|
| 1 | Definição das soluções de TI a serem adotadas | 1.00% | 23/12/2019 |
| 1.1 | Servidor WEB | 1.00% | 09/09/2019 |
| 1.2 | Banco de dados | 0.50% | 11/09/2019 |
| 1.3 | API Integração | 0.50% | 11/09/2019 |
| 1.3 | Notificação | 0.50% | 11/09/2019 |
| 1.4 | Documentação | 1.00% | 23/12/2019 |
| 2 | Base de dados cartográficos | 3.00% | 30/11/2019 |
| 2.1 | Estabelecimento dos planos de informação | 2.50% | 30/04/2019 |
| 2.2 | Obtenção dos planos de informação e compartilhamento | 1.00% | 30/05/2019 |
| 2.3 | Geração a partir da Unidade de Planejamento: município | 3.00% | 30/09/2019 |
| 2.4 | Georreferenciar as bases a um mesmo sistema de projeção | 3.00% | 30/10/2019 |
| 2.5 | Compatibilizar as diferentes bases temáticas | 3.00% | 30/10/2019 |
| 2.6 | Compartilhamento das bases georreferenciadas e compatibilizadas | 0.20% | 30/10/2019 |
| 2.7 | Documentação | 3.00% | 30/11/2019 |
| 3 | Sistema Administrador/Servidor | 3.00% | 23/12/2019 |
| 3.1 | Criação do servidor | 0.50% | 09/09/2019 |
| 3.2 | Adição de contas de desenvolvedores no servidor | 0.50% | 11/09/2019 |
| 3.3 | Inserir arquivos de mapas | 1.00% | 30/11/2019 |
| 3.4 | Remover arquivos de mapas | 1.00% | 30/11/2019 |
| 3.5 | Substituir arquivo de mapa associado a informação | 2.00% | 30/11/2019 |
| 3.7 | Receber informação do aplicativo | 3.00% | 30/11/2019 |
| 3.8 | Documentação | 3.00% | 23/12/2019 |
| 4 | Aplicativo | 5.00% | 23/12/2019 |

| | | | |
|-------------|---|---------------|-------------------|
| 4.1 | Linguagem de programação | 1.00% | 11/09/2019 |
| 4.2 | Definição de layout | 0.30% | 30/10/2019 |
| 4.3 | Ler sensor GPS e apresentar a coordenada | 2.00% | 30/10/2019 |
| 4.4 | Ler sensor Câmera, arquivar e acessar foto | 2.00% | 30/10/2019 |
| 4.5 | Cadastrar um Usuário | 3.00% | 30/11/2019 |
| 4.6 | Exibir um arquivo de Mapa | 2.00% | 30/11/2019 |
| 4.7 | Selecionar um arquivo de mapa a partir de lista | 3.00% | 30/11/2019 |
| 4.8 | Associar a coordenada GPS a um arquivo de mapa | 4.00% | 30/11/2019 |
| 4.9 | Criar alerta de informação espacial | 4.00% | 30/11/2019 |
| 4.10 | Cadastrar um ponto em campo | 4.00% | 30/11/2019 |
| 4.11 | Busca de mapa associada ao ponto GPS | 2.50% | 30/11/2019 |
| 4.12 | Documentação | 5.00% | 23/12/2019 |
| 5 | Teste básico do aplicativo | 25.00% | 23/12/2019 |

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

APÊNDICE B – Unidades de Planejamento (bacias hidrográficas) de Pernambuco

| Unidade de Planejamento | Bacia Hidrográfica |
|-------------------------|---------------------|
| UP 1 | Goiana |
| UP 2 | Capibaribe |
| UP 3 | Ipojuca |
| UP 4 | Sirinhaém |
| UP 5 | Una |
| UP 6 | Mundaú |
| UP 7 | Ipanema |
| UP 8 | Moxotó |
| UP 9 | Pajeú |
| UP 10 | Terra Nova |
| UP 11 | Brígida |
| UP 12 | Garças |
| UP 13 | Pontal |
| UP 14 | GL 1 |
| UP 15 | GL 2 |
| UP 16 | GL 3 |
| UP 17 | GL 4 |
| UP 18 | GL 5 |
| UP 19 | GL 6 |
| UP 20 | GI 1 |
| UP 21 | GI 2 |
| UP 22 | GI 3 |
| UP 23 | GI 4 |
| UP 24 | GI 5 |
| UP 25 | GI 6 |
| UP 26 | GI 7 |
| UP 27 | GI 8 |
| UP 28 | GI 9 |
| UP 29 | Fernando de Noronha |

Fonte: elaborado pelo autor (2019) (Adaptado de PERNAMBUCO, 2006)

APÊNDICE C – Tabela de atributos da camada vetorial Hidrografia - Rios

hidrografia_atributos :: Features Total: 18352, Filtered: 18352, Selected: 0

| | Name | Test | ID | RIOSCSV_BA | RIOSCSV_CL | RIOSCSV_de |
|----|------------------------|-------------|------|------------|--------------------|----------------------------|
| 1 | Rio Pajeão | 356895,6564 | 5 | Pajeão | rio_primeira_ordem | Shape_Leng = 3.23201144989 |
| 2 | Rio Moxotó | 229414,9689 | 1 | Moxotó | rio_primeira_ordem | Shape_Leng = 2.07914220986 |
| 3 | Rio Brãgida | 189730,8909 | 15 | Brãgida | rio_primeira_ordem | Shape_Leng = 1.71780394861 |
| 4 | Riacho São Pedro | 177728,1065 | 1287 | Brãgida | rio_segunda_ordem | Shape_Leng = 1.60957579694 |
| 5 | Rio Una | 171314,2416 | 73 | Una | rio_primeira_ordem | Shape_Leng = 1.55339033115 |
| 6 | Rio Sirinhaém | 170885,7275 | 46 | Sirinhaem | rio_primeira_ordem | Shape_Leng = 1.54860839662 |
| 7 | Rio Capibaribe | 164573,7205 | 62 | Capibaribe | rio_primeira_ordem | Shape_Leng = 1.49104182527 |
| 8 | Rio Ipojuca | 163190,8722 | 66 | Ipojuca | rio_primeira_ordem | Shape_Leng = 1.48144312934 |
| 9 | Rio Ipojuca | 158818,8386 | 65 | Ipojuca | rio_primeira_ordem | Shape_Leng = 1.44007898170 |
| 10 | Riacho do Navio | 134761,3109 | 584 | Pajeão | rio_segunda_ordem | Shape_Leng = 1.22148639909 |
| 11 | Rio Tracunhaém | 126252,4973 | 1791 | Goiana | rio_segunda_ordem | Shape_Leng = 1.14327946743 |
| 12 | Rio Una | 120119,1556 | 67 | Una | rio_primeira_ordem | Shape_Leng = 1.08886020138 |
| 13 | Riacho Terra Nova | 117445,6050 | 7 | Terra Nova | rio_primeira_ordem | Shape_Leng = 1.06366000347 |
| 14 | Rio Capibaribe | 114504,7323 | 61 | Capibaribe | rio_primeira_ordem | Shape_Leng = 1.03736837140 |
| 15 | Riacho das Garças | 112850,2414 | 14 | Garças | rio_primeira_ordem | Shape_Leng = 1.02313379409 |
| 16 | | 101048,7789 | 2 | Moxotó | rio_primeira_ordem | Shape_Leng = 0.91684654695 |
| 17 | Riacho do Caboclo | 99717,1835 | 18 | Pontal | rio_primeira_ordem | Shape_Leng = 0.90374869160 |
| 18 | Rio Capibaribe - Mirim | 93687,5219 | 1794 | Goiana | rio_segunda_ordem | Shape_Leng = 0.84817145534 |
| 19 | Rio da Chata | 93655,8933 | 2249 | Una | rio_segunda_ordem | Shape_Leng = 0.84909655103 |
| 20 | Rio Canhoto | 91703,0627 | 330 | Mundaó | rio_segunda_ordem | Shape_Leng = 0.83163772966 |
| 21 | Riacho São Cristóvão | 90328,7949 | 747 | Pajeão | rio_segunda_ordem | Shape_Leng = 0.81796393822 |

Mostrar todas as feições

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

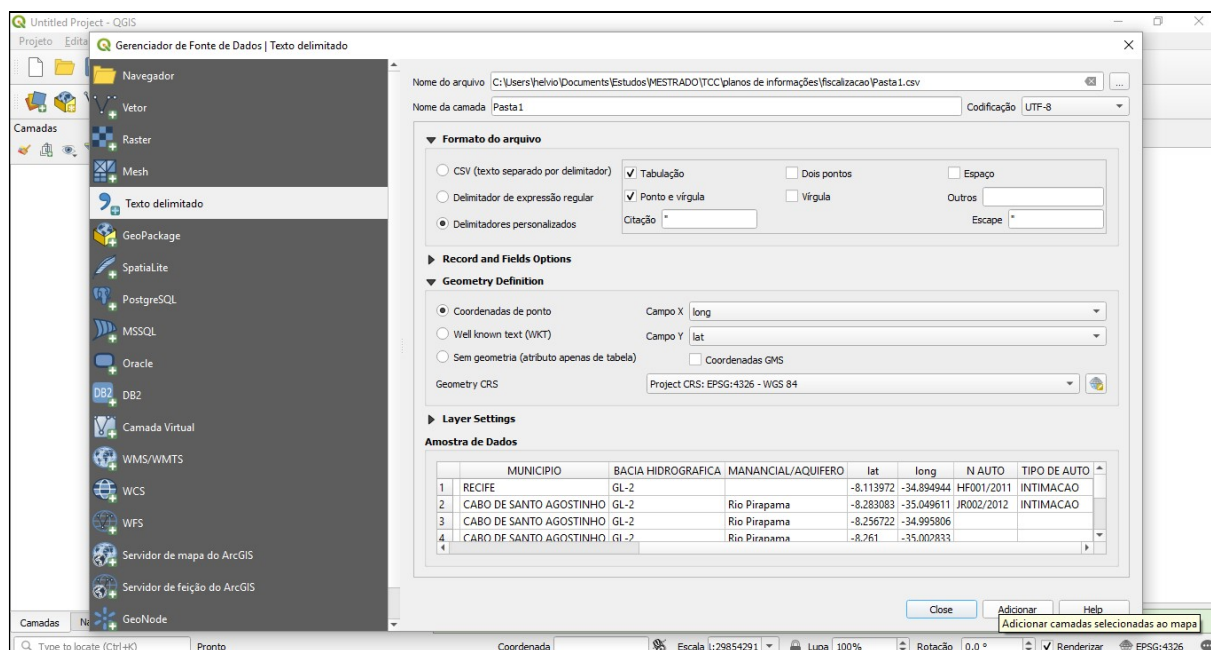
Hidrografia_PE :: Features Total: 18351, Filtered: 18351, Selected: 0

| | Name | Extensao(m) |
|----|------------------------|-------------|
| 1 | Rio Pejú | 356896 |
| 2 | Rio Moxotó | 229415 |
| 3 | Rio Brígida | 189731 |
| 4 | Riacho São Pedro | 177728 |
| 5 | Rio Una | 171314 |
| 6 | Rio Sirinhaém | 170886 |
| 7 | Rio Capibaribe | 164574 |
| 8 | Rio Ipojuca | 163191 |
| 9 | Rio Ipojuca | 158819 |
| 10 | Rio Ipanema | 151350 |
| 11 | Riacho do Navio | 134761 |
| 12 | Rio Tracunhaém | 126252 |
| 13 | Rio Una | 120119 |
| 14 | Riacho Terra Nova | 117446 |
| 15 | Rio Capibaribe | 114505 |
| 16 | Riacho das Garças | 112850 |
| 17 | Riacho do Caboclo | 99717 |
| 18 | Rio Capibaribe - Mirim | 93688 |
| 19 | Rio da Chata | 93656 |
| 20 | Rio Canhoto | 91703 |
| 21 | Riacho São Cristóvão | 90329 |

Mostrar todas as feições

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

APÊNDICE D – Função no QGIS para importação de arquivo “.csv” referente aos processos da fiscalização (coordenadas originalmente disponibilizadas em *datum* WGS1984)



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

APÊNDICE E – Unidades de conservação inseridas no território de Pernambuco e topologias obtidas

| Descrição | Categoria | Topologia |
|---|------------------|------------------|
| APA Aldeia-Beberibe | Uso Sustentável | Polígono |
| APA Chapada do Araripe | Uso Sustentável | Polígono |
| APA Costa dos Corais | Uso Sustentável | Polígono |
| APA de Fernando de Noronha - Rocas - São Pedro e São Paulo (trecho terrestre) | Uso Sustentável | Polígono |
| APA de Guadalupe | Uso Sustentável | Polígono |
| APA de Santa Cruz | Uso Sustentável | Polígono |
| APA de Sirinhaém | Uso Sustentável | Polígono |
| ARIE Horto Del Rey | Uso Sustentável | Polígono |
| ARIE Ipojuca Mererepe | Uso Sustentável | Polígono |
| ARIE Mangue de Santa Tereza | Uso Sustentável | Polígono |
| Estuário do Canal de Santa Cruz | Uso Sustentável | Polígono |
| Estuário do Rio Carro Quebrado | Uso Sustentável | Polígono |
| Estuário do Rio Formoso | Uso Sustentável | Polígono |
| Estuário do Rio Itapessoca | Uso Sustentável | Polígono |
| Estuário do Rio Jaguaribe | Uso Sustentável | Polígono |
| Estuário do Rio Timbó | Uso Sustentável | Polígono |
| Estuário do Rio Una | Uso Sustentável | Polígono |
| Estuário dos Rios Goiana e Megaó | Uso Sustentável | Polígono |
| Estuário dos Rios Jaboatão e Pirapama | Uso Sustentável | Polígono |
| Estuário dos Rios Sirinhaém e Maracaípe | Uso Sustentável | Polígono |
| Flona de Negreiros | Uso Sustentável | Polígono |
| Mata de Camaçari | Uso Sustentável | Polígono |
| Mata de Jaguarana | Uso Sustentável | Polígono |
| Mata de Jangadinha | Uso Sustentável | Polígono |
| Mata de Manassú | Uso Sustentável | Polígono |
| Mata de São Bento | Uso Sustentável | Polígono |
| Mata do Janga | Uso Sustentável | Polígono |
| Mata do Passarinho | Uso Sustentável | Polígono |
| Mata Dois Unidos | Uso Sustentável | Polígono |
| Resex Acaú Goiana | Uso Sustentável | Polígono |
| RPPN Benedito | Uso Sustentável | Polígono |
| RPPN Cantidiano Valgueiro de Carvalho Barros | Uso Sustentável | Polígono |
| RPPN Eco Fazenda Morim | Uso Sustentável | Polígono |
| RPPN Fazenda Santa Beatriz do Carnijó | Uso Sustentável | Polígono |
| RPPN Fazenda Tabatinga | Uso Sustentável | Polígono |
| RPPN Frei Caneca | Uso Sustentável | Polígono |
| RPPN Karawa-tá | Uso Sustentável | Polígono |

| | | |
|--|-------------------|----------|
| RPPN Laje Bonita | Uso Sustentável | Polígono |
| RPPN Nossa Senhora do Oiteiro de Maracaípe | Uso Sustentável | Polígono |
| RPPN Pedra D'Antas | Uso Sustentável | Polígono |
| RPPN Reserva Cabanos | Uso Sustentável | Polígono |
| RPPN Reserva Calaça | Uso Sustentável | Polígono |
| RPPN Reserva Ecológica Maurício Dantas | Uso Sustentável | Polígono |
| RPPN Reserva Jurema | Uso Sustentável | Polígono |
| RPPN Reserva Natural Brejo | Uso Sustentável | Polígono |
| RPPN Reserva Siriema | Uso Sustentável | Polígono |
| RPPN Reserva Umburana | Uso Sustentável | Polígono |
| RPPN Serra do Contente | Uso Sustentável | Polígono |
| APA Estuarina do Rio Beberibe | Uso Sustentável | Ponto |
| APA Estuarina do Rio Capibaribe | Uso Sustentável | Ponto |
| APA Estuarina do Rio Paratibe | Uso Sustentável | Ponto |
| RPPN Bicho Homem | Uso Sustentável | Ponto |
| RPPN Bituri | Uso Sustentável | Ponto |
| RPPN Engenho Contestado | Uso Sustentável | Ponto |
| RPPN Engenho Santa Rita | Uso Sustentável | Ponto |
| RPPN Jussaral | Uso Sustentável | Ponto |
| ESEC Caetés | Proteção Integral | Polígono |
| ESEC de Bita e Utinga | Proteção Integral | Polígono |
| ESEC Serra da Canoa | Proteção Integral | Polígono |
| Mata da Pimenteira | Proteção Integral | Polígono |
| Mata da Serra do Cotovelo | Proteção Integral | Polígono |
| Mata da Usina São José | Proteção Integral | Polígono |
| Mata de Caraúna | Proteção Integral | Polígono |
| Mata de Contra Açude | Proteção Integral | Polígono |
| Mata de Dois Irmãos | Proteção Integral | Polígono |
| Mata de Duas Lagoas | Proteção Integral | Polígono |
| Mata de Miritiba | Proteção Integral | Polígono |
| Mata de Mussaiba | Proteção Integral | Polígono |
| Mata de Santa Cruz | Proteção Integral | Polígono |
| Mata do Amparo | Proteção Integral | Polígono |
| Mata do Bom Jardim | Proteção Integral | Polígono |
| Mata do Camucim | Proteção Integral | Polígono |
| Mata do Cumaru | Proteção Integral | Polígono |
| Mata do Curado | Proteção Integral | Polígono |
| Mata do Engenho Macaxeira | Proteção Integral | Polígono |
| Mata do Engenho Moreninho | Proteção Integral | Polígono |
| Mata do Engenho Salgadinho | Proteção Integral | Polígono |
| Mata do Engenho São João | Proteção Integral | Polígono |
| Mata do Engenho Tapacurá | Proteção Integral | Polígono |

| | | |
|---|-------------------|----------|
| Mata do Engenho Uchôa | Proteção Integral | Polígono |
| Mata do Jaguaribe | Proteção Integral | Polígono |
| Mata do Outeiro do Pedro | Proteção Integral | Polígono |
| Mata do Quizanga | Proteção Integral | Polígono |
| Mata do Siriji | Proteção Integral | Polígono |
| Mata do Sistema Gurjaú | Proteção Integral | Polígono |
| Mata do Toró | Proteção Integral | Polígono |
| Mata do Urucu | Proteção Integral | Polígono |
| Mata do Zumbi | Proteção Integral | Polígono |
| Mata Lanço dos Cações | Proteção Integral | Polígono |
| Mata São João da Várzea | Proteção Integral | Polígono |
| Mata Tapacurá | Proteção Integral | Polígono |
| Matas de Água Azul | Proteção Integral | Polígono |
| Monumento Natural Municipal Orquidário Pedra da Rosária | Proteção Integral | Polígono |
| Monumento Natural Parque Municipal Pedra Furada | Proteção Integral | Polígono |
| Monumento Natural Pedra do Cachorro | Proteção Integral | Polígono |
| Monumento Natural Serra do Gavião | Proteção Integral | Polígono |
| Parna do Catimbau | Proteção Integral | Polígono |
| Parna Marinho de Fernando de Noronha | Proteção Integral | Polígono |
| Parque Estadual Serra do Areial | Proteção Integral | Polígono |
| Parque Natural Municipal das Nascentes do Mundaú | Proteção Integral | Polígono |
| Parque Natural Municipal Matas do Mucuri-Himalaya | Proteção Integral | Polígono |
| Parque Natural Municipal Joao Vasconcelos Sobrinho | Proteção Integral | Polígono |
| Rebio de Pedra Talhada | Proteção Integral | Polígono |
| Rebio de Saltinho | Proteção Integral | Polígono |
| Rebio de Serra Negra | Proteção Integral | Polígono |
| Rebio Municipal Mata da Chuva | Proteção Integral | Polígono |
| RVS Riacho Pontal | Proteção Integral | Polígono |
| RVS Tatu Bola | Proteção Integral | Polígono |
| Parque Ecológico de Serra Negra, Bezerras | Proteção Integral | Ponto |

APÊNDICE F – Zoneamento dos aquíferos da RMR e respectivas restrições

| ZONA | AQUÍFERO | RESTRIÇÕES DE USO DO POÇO |
|------|-----------------|--|
| A | Cabo | Poços novos: não deve ser perfurado nenhum |
| | | Poços existentes: reduzir a vazão em 50% |
| B | Cabo e Beberibe | Poços novos: vazão outorgada limitada em 30 m ³ /dia |
| | | Poços existentes: reduzir a vazão em 30% |
| C | Cabo e Beberibe | Poços novos: vazão outorgada limitada em 60 m ³ /dia |
| | | Poços existentes: reduzir a vazão em 15% |
| D | Barreiras | Poços novos: vazão outorgada limitada em 70 m ³ /dia |
| | | Poços existentes: sem restrições atualmente |
| E | Cabo e Beberibe | Poços novos: vazão outorgada limitada em 100 m ³ /dia |
| | | Poços existentes: sem restrições atualmente |
| F | Fissural | Poços novos: vazão condicionada a capacidade do poço |
| | | Poços existentes: sem restrições atualmente |

Fonte: Pernambuco (2003).

**APÊNDICE G – Normas estaduais que declaram situação de emergência devido à
estiagem em Pernambuco**

| Norma | Publicação |
|--------------------------------|-------------------|
| Decreto do Executivo nº 47.958 | 14/09/2019 |
| Decreto do Executivo nº 47.737 | 23/07/2019 |
| Decreto do Executivo nº 47.232 | 28/03/2019 |
| Decreto do Executivo nº 47.047 | 24/01/2019 |
| Decreto do Executivo nº 46.526 | 26/09/2018 |
| Decreto do Executivo nº 46.300 | 28/07/2018 |
| Decreto do Executivo nº 45.800 | 28/03/2018 |
| Decreto do Executivo nº 45.570 | 23/01/2018 |
| Decreto do Executivo nº 45.039 | 29/09/2017 |
| Decreto do Executivo nº 44.775 | 28/07/2017 |
| Decreto do Executivo nº 44.278 | 04/04/2017 |
| Decreto do Executivo nº 44.068 | 31/01/2017 |
| Decreto do Executivo nº 43.605 | 08/10/2016 |
| Decreto do Executivo nº 43.360 | 02/08/2016 |
| Decreto do Executivo nº 42.886 | 07/06/2016 |
| Decreto do Executivo nº 42.632 | 05/02/2016 |
| Decreto do Executivo nº 42.222 | 09/10/2015 |
| Decreto do Executivo nº 42.019 | 12/08/2015 |
| Decreto do Executivo nº 41.611 | 14/04/2015 |
| Decreto do Executivo nº 41.473 | 07/02/2015 |
| Decreto do Executivo nº 41.180 | 17/10/2014 |
| Decreto do Executivo nº 40.999 | 19/08/2014 |
| Decreto do Executivo nº 40.649 | 24/04/2014 |
| Decreto do Executivo nº 40.647 | 23/04/2014 |
| Decreto do Executivo nº 40.380 | 15/02/2014 |
| Decreto do Executivo nº 39.969 | 25/10/2013 |
| Decreto do Executivo nº 39.723 | 17/08/2013 |
| Decreto do Executivo nº 39.348 | 27/04/2013 |
| Decreto do Executivo nº 39.119 | 19/02/2013 |
| Decreto do Executivo nº 38.798 | 02/11/2012 |
| Decreto do Executivo nº 38.716 | 16/10/2012 |
| Decreto do Executivo nº 38.556 | 24/08/2012 |
| Decreto do Executivo nº 38.145 | 05/05/2012 |

APÊNDICE H – Municípios em situação de emergência devido à estiagem

| Município | Município | Município |
|------------------------|------------------|---------------------------|
| Afogados da Ingazeira | Frei Miguelinho | Quixaba |
| Afrânio | Garanhuns | Riacho das Almas |
| Agrestina | Granito | Sairé |
| Águas Belas | Gravatá | Salgadinho |
| Alagoinha | Iati | Salgueiro |
| Altinho | Ibimirim | Saloá |
| Angelim | Ibirajuba | Sanharó |
| Araripina | Iguaraci | Santa Cruz |
| Arcoverde | Inajá | Santa Cruz da Baixa Verde |
| Belém do São Francisco | Ingazeira | Santa Cruz do Capibaribe |
| Belo Jardim | Ipubi | Santa Filomena |
| Betânia | Itacuruba | Santa Maria da Boa Vista |
| Bezerros | Itaíba | Santa Maria do Cambucá |
| Bodocó | Itapetim | Santa Terezinha |
| Bom Conselho | Jataúba | São Bento do Una |
| Bom Jardim | Jatobá | São Caetano |
| Brejão | João Alfredo | São João |
| Brejinho | Jucati | São Joaquim do Monte |
| Brejo da Madre de Deus | Jupi | São José do Belmonte |
| Buíque | Jurema | São Vicente Ferrer |
| Cabrobó | Lagoa do Ouro | Serra Talhada |
| Cachoeirinha | Lagoa Grande | Serrita |
| Caetés | Lajedo | Sertânia |
| Calçado | Limoeiro | Solidão |
| Calumbi | Manari | Surubim |
| Canhotinho | Mirandiba | Tabira |
| Capoeiras | Moreilândia | Tacaimbó |
| Carnaíba | Orobó | Tacaratu |
| Carnaubeira da Penha | Orocó | Taquaritinga do Norte |
| Caruaru | Ouricuri | Terezinha |
| Casinhas | Panelas | Terra Nova |
| Cedro | Paranatama | Toritama |
| Cumaru | Parnamirim | Trindade |
| Cupira | Passira | Triunfo |
| Custódia | Pedra | Tupanatinga |
| Dormentes | Pesqueira | Tuparetama |
| Exu | Petrolândia | Venturosa |
| Feira Nova | Petrolina | Verdejante |
| Flores | Poção | Vertente do Lério |
| Floresta | Pombos | Vertentes |

Fonte: elaborado pelo autor (2019) (adaptado de BRASIL, 2020).

| Demais informações sobre o usuário de água | Demais informações sobre o usuário de água | Demais informações sobre o uso da água |
|--|---|---|
| Empreendimento | | |
| Nome (Pessoa Física ou Jurídica) | <p>Endereço para correspondência</p> <p>☐ Mesmo do empreendimento</p> <p>☐ Mesmo do responsável legal</p> | <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>Possui Hidrômetro</p> <p>Potência da bomba</p> <p>Jornada Diária (horas/dia):</p> <p>Dias da semana</p> <p>Meses do ano</p> <p>Possui outorga</p> </div> <div> <p>SIM (Se sim, qual o número e leitura?)</p> <p>NÃO</p> </div> </div> |
| CPF/CNPJ | | |
| Fone | | |
| E-Mail | | |
| Logradouro/Complemento | | |
| Bairro | | |
| Município | | |
| CEP | | |
| Responsável legal | | |
| Nome | Empreendimento | |
| CPF | Nome (Pessoa Física ou Jurídica) | |
| Fone | CPF/CNPJ | |
| E-Mail | Fone | |
| Logradouro/Complemento | E-Mail | |
| Bairro | Logradouro/Complemento | |
| Município | Bairro | |
| CEP | Município | |
| | CEP | |

| ESPECIFICAÇÃO DAS INFRAÇÕES, CLASSIFICAÇÃO E PENALIDADES | | |
|---|---------------|---|
| ☐ NÃO HÁ IRREGULARIDADE | | |
| Especificação - Código 01 | Classificação | Penalidade |
| Derivar ou utilizar recursos hídricos para qualquer finalidade, sem a respectiva outorga do direito de uso ou cadastramento, junto aos órgãos competentes. | Leve | Advertência ou multa simples ou diária. |
| Constatada a existência de poluição, degradação dos recursos hídricos ou comprometimento ao abastecimento público ou particular, devidamente outorgado ou reincidência. | Grave | 1) Multa simples; ou, multa simples e suspensão da atividade; ou, multa simples, suspensão da atividade e demolição de obra. 2) Quando for o caso, apreensão dos instrumentos de qualquer natureza utilizados na infração. |

→

| ESPECIFICAÇÃO DAS INFRAÇÕES, CLASSIFICAÇÃO E PENALIDADES | | |
|--|--|------------|
| Especificação - Código 06 | Classificação | Penalidade |
| | | |
| Especificação - Código 07 | Classificação | Penalidade |
| | | |
| Houve autuação no local? | <input type="checkbox"/> SIM (Se sim, qual o número e validade?) <input type="checkbox"/> NÃO, MAS SERÁ ENVIADA POR CORRESPONDÊNCIA | |

| RELATÓRIO PRELIMINAR DA VISTORIA | |
|----------------------------------|--|
| DATA DA VISTORIA | |
| HORA | |
| LOCALIZAÇÃO | [COORDENADAS] |
| NOME RESPONSÁVEL | |
| DESCRIÇÃO DA(S) IRREGULARIDADES | |
| TIPO DE USO DA ÁGUA | |
| MANANCIAL | [SE AQUÍFERO, OU CURSO D'ÁGUA OU BARRAMENTO] |
| ZONA DE RESTRIÇÃO | |
| AUTO DE INFRAÇÃO | |

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

APÊNDICE J – Detalhamento do fluxograma dos requisitos elaborado no Mockflow.com

Registrar uso da água

12 May 2016

Deseja registrar um ponto de uso da água a partir das coordenadas atuais?

OS CAMPOS DE COORDENADAS SERÃO PREENCHIDOS PELOS DADOS ORIUNDOS DO SENSOR GPS DO DISPOSITIVO MÓVEL, PRESSUPONDO QUE A APLICAÇÃO INDICARÁ A NECESSIDADE DE HABILITAÇÃO DO GPS CASO ESTEJA DESABILITADO. ALÉM DISSO, OUTROS DADOS ORIUNDOS DO DISPOSITIVO MÓVEL PODEM SER ÚTEIS E DEVEM SER INVESTIGADOS, COMO: UPLOAD DE FOTOS,, REGISTRO DE ÁUDIO, ALTITUDE ATRAVÉS DE BARÔMETRO, ETC.

Latitude:

Longitude:

☐ SIM

☐ NÃO (Localizar o ponto no mapa)

☐ NÃO (Inserir manualmente depois)

Tipo de uso e modalidade

☐ Superficial: Obra

☐ Superficial: Captação

☐ Superficial: Lançamento de efluentes

☐ Subterrânea: Obra

☐ Subterrânea: Captação

Ver Mapas

☐ Municípios

☐ Bacias Hidrográficas

☐ Hidrografia - Rios

☐ Processos de fiscalização subterrânea

☐ Processos de fiscalização superficial

☐ Unidades de Conservação

☐ Área de Proteção dos Mananciais

☐ Zoneamento de Aquíferos - RMR

☐ Zoneamento de Aquíferos - Jatobá

☐ Municípios em Situação de emergência

☐ Águas de domínio da União

☐ Terras Indígenas

☐ Hidrografia - Nascentes

☐ Hidrogeologia - aquíferos

A FUNÇÃO "VER MAPAS" ABRE AUTOMATICAMENTE NO LOCAL ONDE O SENSOR GPS IDENTIFICA O APARELHO. À MEDIDA QUE OS MAPAS AO LADO SÃO SELECIONADOS, AS CAMADAS SÃO ADICIONADAS AO MAPA, QUE É ATUALIZADO AUTOMATICAMENTE NO LOCAL. OBS: AS CAMADAS DEVEM SER POSSÍVEIS DE ATUALIZAR

Superficial: Obra

☐ Em andamento

☐ Concluída

Superficial: Obra

☐ Barragem

☐ Ponte

☐ Travessia de Dutos

☐ Obras de Drenagem

☐ Revestimento de Canal

☐ Dique

☐ Outros

Dimensões

Possui processo de outorga?

Desconhecido

NÃO

SIM

Processo número

Outorga número

Situação

Validade

Superficial: Captação

Finalidades de uso

☐ Abastecimento Industrial/Comercial

☐ Abastecimento Humano

☐ Dessedentação Animal

☐ Irrigação

☐ Aquicultura/Carcinicultura

☐ Extração mineral em rios perenes

☐ Extração mineral em rios intermitentes

☐ Obra de Terraplanagem

☐ Outros (especificar)

Superficial: Captação

Tipo de manancial

☐ Açude

☐ Rio

Nome do manancial

Superficial: Captação

Hidrômetro ou horímetro

Número

Letura

Bomba

Pressão

Possui processo de outorga?

Desconhecido

NÃO

SIM

Processo número

Outorga número

Situação

Validade

Uso outorgado

Superficial: Lançamento de efluentes

Manancial do lançamento

☐ Açude

☐ Rio

Nome do manancial

Possui processo de outorga?

Desconhecido

NÃO

SIM

Processo número

Outorga número

Situação

Validade

Subterrânea: Obra

☐ Não iniciada

☐ Em andamento

☐ Concluída

Profundidade da perfuração

Possui processo de outorga?

Desconhecido

NÃO

SIM

Processo número

PVE número

Situação

Subterrânea: Captação

☐ Poço Tubular

☐ Poço Amazonas

☐ Surgência

Profundidade da perfuração

Subterrânea: Captação

Finalidades de uso

☐ Abastecimento Público

☐ Condomínio

☐ Residência

☐ Estabelecimento Comercial

☐ Escola

☐ Hospital

☐ Clínica Médica

☐ Restaurante

☐ Hotel/Motel/Pousada

☐ Posto de Combustível

☐ Lava Jato

☐ Lavanderia

☐ Carro-Pipa

☐ Água Envasada

☐ Criação Animal

☐ Irrigação

☐ Indústria

☐ Outros

Subterrânea: Captação

Hidrômetro

Número

Letura

Bomba

Pressão

Possui processo de outorga?

Desconhecido

NÃO

SIM

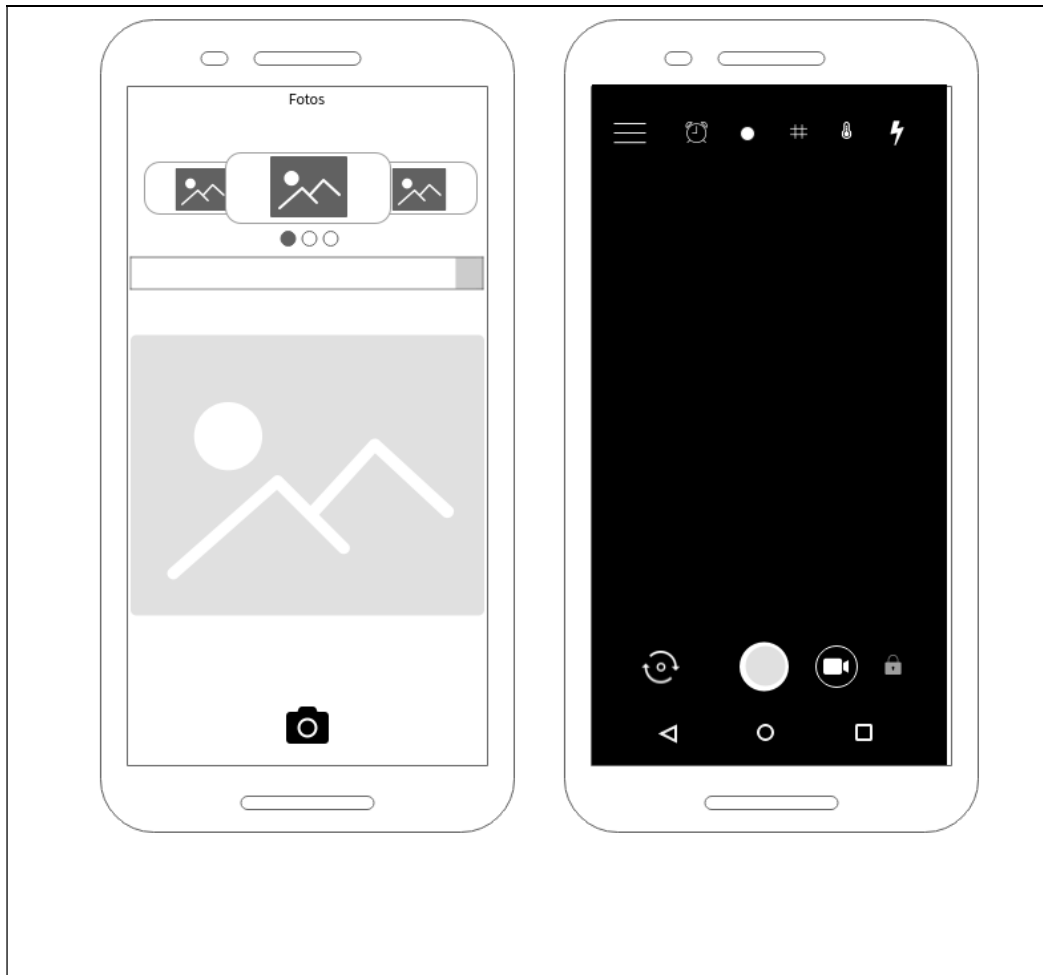
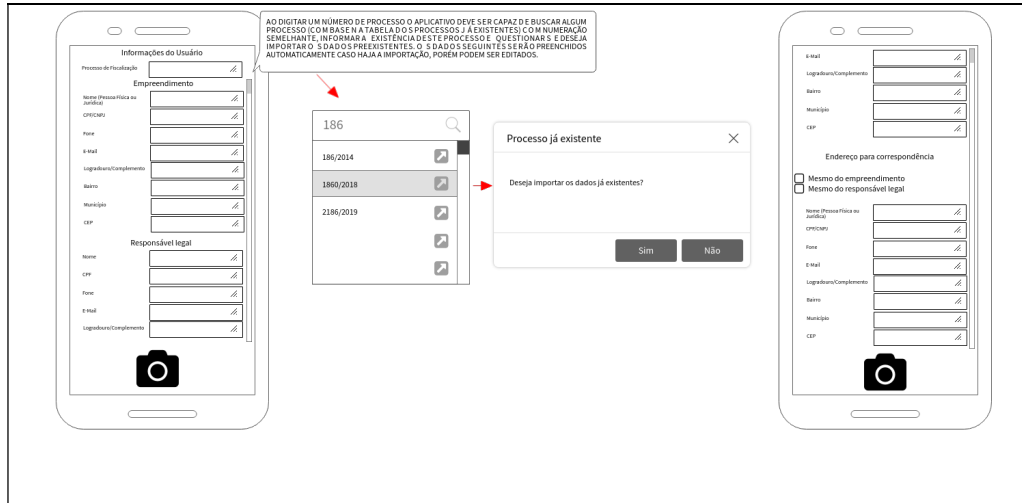
Processo número

Outorga número

Situação

Validade

Valor outorga



Irregularidades observadas

☒ Código 01 - Leve:

Derivar ou utilizar recursos hídricos para qualquer finalidade, sem a respectiva outorga do direito de uso ou cadastramento, junto aos órgãos competentes.

☒ Código 01 - Grave:

Constatada a existência de poluição, degradação dos recursos hídricos ou comprometimento ao abastecimento público ou particular, devidamente outorgado ou reincidência.

☒ Código 02 - Grave:

Iniciar a implantação, implantar ou operar empreendimento relacionado com a derivação ou a utilização de recursos hídricos, superficiais ou subterrâneos, que implique alterações no regime, quantidade ou qualidade dos mesmos, sem autorização dos órgãos ou entidades competentes.

☒ Código 02 - Gravíssima:

Constatada a existência de poluição, degradação dos recursos hídricos ou comprometimento de usos já outorgados ou reincidência

Irregularidades observadas

☒ Código 03 - Leve:

Utilizar-se dos recursos hídricos ou executar obras ou serviços relacionados com os mesmos em desacordo com as condições estabelecidas no ato de outorga

☒ Código 03 - Grave:

Constatada reincidência

☒ Código 04 - Grave:

Fraudar as medições dos volumes de água utilizados ou declarar valores diferentes dos medidos

☒ Código 04 - Gravíssima:

Constatado o comprometimento de usos já outorgados ou o abastecimento público ou reincidência

Irregularidades observadas

☒ Código 05 - Grave:

Lançar resíduos sólidos e efluentes líquidos proibidos nos corpos d'água superficiais e subterrâneos

☒ Código 05 - Gravíssima:

Comprovada a poluição do corpo hídrico receptor com mortalidade de animais e comprometimento do abastecimento humano ou qualquer outro prejuízo ambiental, decorrente do lançamento do(s) resíduo(s) e/ou efluentes

☒ Código 06 - Leve:

Infringir normas estabelecidas regulamentos administrativos complementares, compreendendo instruções e procedimentos fixados pelos órgãos ou entidades competentes.

☒ Código 07 - Leve:

Obstar ou dificultar a ação fiscalizadora das autoridades competentes no exercício de suas funções

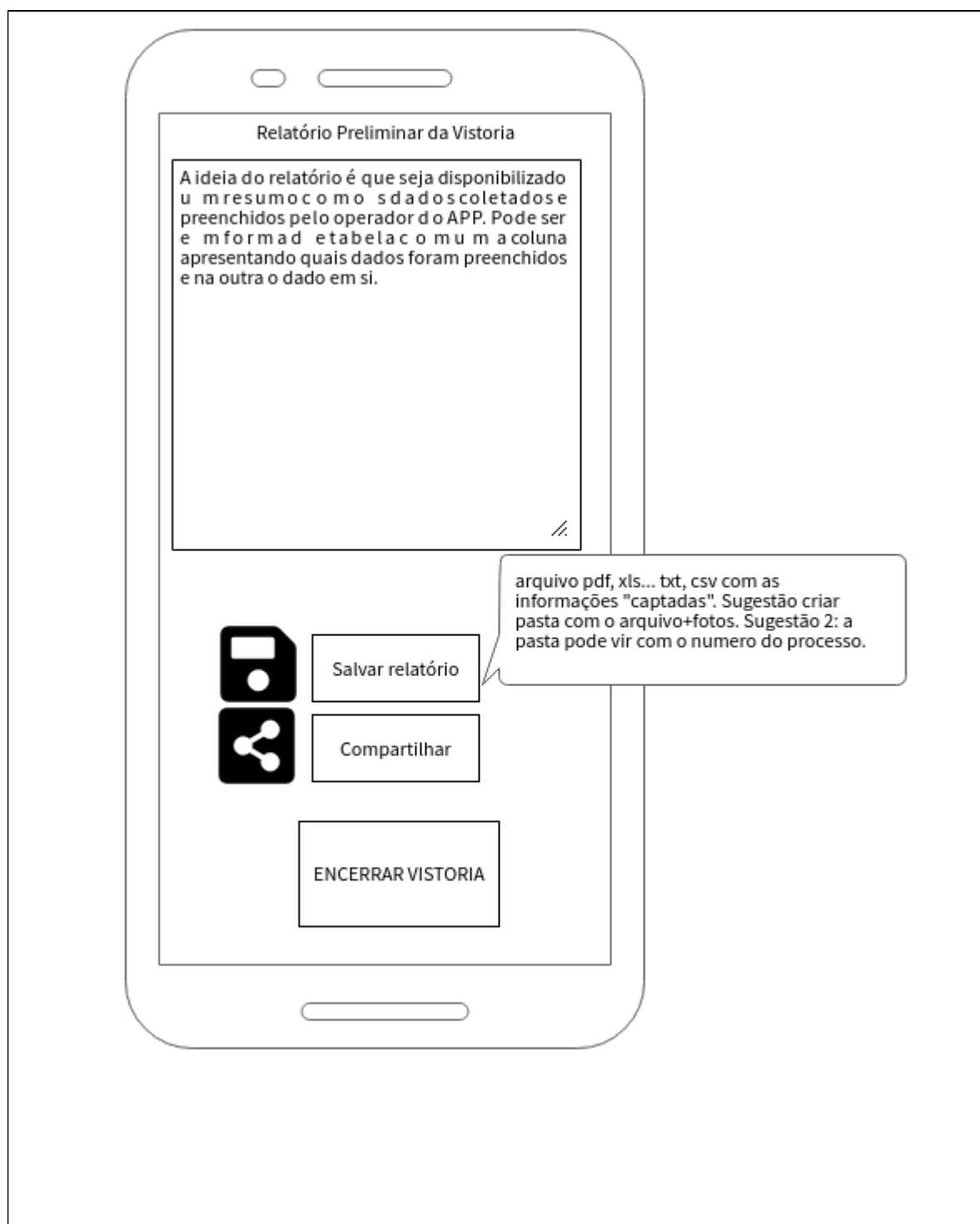
Irregularidades observadas

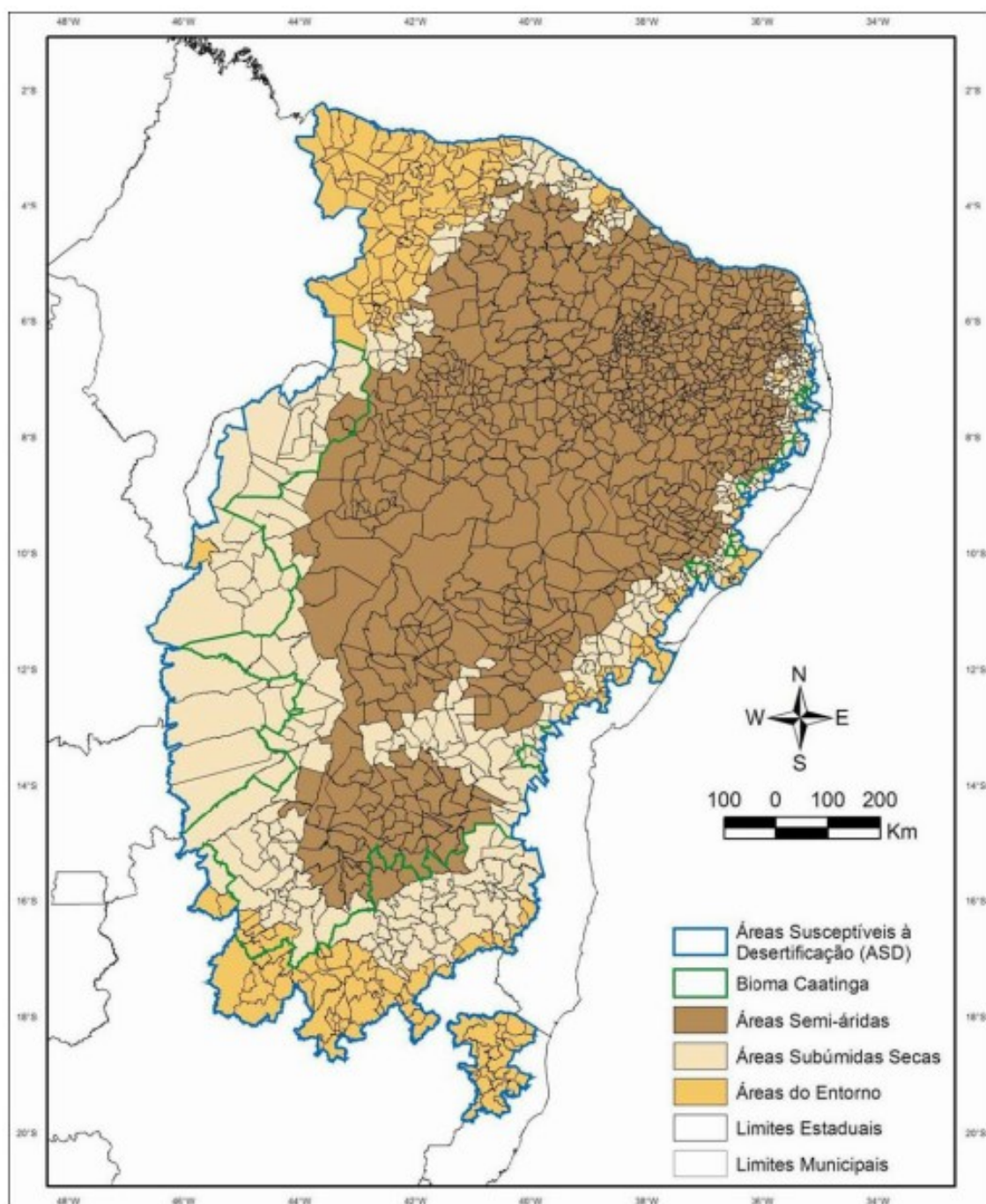
Houve autuação no local?

☐ Sim

☐ Não, mas será enviado por correspondência

☐ Não



ANEXO A – Áreas suscetíveis à desertificação

Fonte: SILVA (2009)

ANEXO B – Folhas do Atlas Hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo